

TEKNILLINEN KORKEAKOULU  
Puunjalostustekniikan osasto

Pia Lahti

# Laatukustannukset eräässä sahateollisuusyrityksessä

Diplomityö, joka on jätetty tarkastettavaksi diplomi-  
insinöörin tutkintoa varten Espoossa 18.8.1998.

Työn valvoja:  
Työn ohjaaja:

Professori Tero Paajanen  
DI Risto Laaksonen

Tekijä, työn nimi

Pia Lahti

Laatukustannukset sahateollisuusyrityksessä

Päivämäärä: 18.8.1998

Sivumäärä: 118

Osasto, professuuri

Puunjalostustekniikan osasto

Puutekniikka, Puu-28

Työn valvoja

Professori Tero Paajanen

Työn ohjaaja

DI Risto Laaksonen

Diplomityön tavoite oli määrittää tuotannon laatukustannusten suuruus eräässä sahateollisuusyrityksessä. Lisäksi pohdittiin laatukustannusmittareita ja laatukustannusten pienentämiskeinoja. Tutkimuksessa selvitettiin virhekustannusten suuruus erään sahan prosessissa alkaen siitä hetkestä, kun sahatukki vastaanotetaan sahan alueella päättyen siihen hetkeen, jolloin sahatavarapaketti on valmis. Lisäksi on määritetty ennaltaehkäisevän toiminnan ja laadunvarmistuksen kustannukset koko yrityksessä

Laatukustannuksilla tarkoitetaan kustannuksia, jotka syntyvät laadunvarmistuksesta ja laaduttomuudesta. Laatukustannukset jaetaan neljään pääryhmään: ennaltaehkäiseviin kustannuksiin, laadunvarmistuksen kustannuksiin, ulkoisiin sekä sisäisiin virhekustannuksiin.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin erityisesti negatiivisia laatukustannuksia eli sisäisiä ja ulkoisia virhekustannuksia, lisäksi selvitettiin positiiviset laatukustannukset eli ennaltaehkäisevän toiminnan ja laadunvarmistuksen kustannukset. Laatukustannukset selvitettiin enimmäkseen viime vuosien raporteista. Sellaiset laatukustannuskohteet, joihin tarvittiin tietoja, joita ei raportoida, selvitettiin haastattelemalla. Sisäisten virhekustannusten kustannuskohteet selvitettiin osastoittain jokaisen toiminnon osalta erikseen. Ulkoiset virhekustannukset laskettiin viimeisten neljän vuoden aikana maksetuista asiakasreklamaatioista. Ennaltaehkäisevän toiminnan kustannukset määritettiin laskemalla ennakko- ja koulutukseen kuluvat vuosikustannukset. Laadunvarmistuksen kustannuksiin laskettiin laadunvarmistuksesta vastaavien henkilöiden palkat.

Laatukustannukset jakautuivat siten, että 70 % laatukustannuksista on negatiivisia laatukustannuksia, joista 2% muodostuu ulkoisista virhekustannuksista ja 68 % sisäisistä virhekustannuksista. Kokonaislaatukustannukset noudattavat 20/80-sääntöä eli 20 % laatukustannuskohteista aiheuttaa 80 % laatukustannuksista.

Sisäisistä virhekustannuksista merkittävimmät muodostuvat lähinnä häiriöistä, raaka-aineen, ja sahatavaran rikkoutumisista sekä materiaalivirran ohjauksesta. Laatukustannuksia voidaan merkittävästi pienentää poistamalla suurimmat häiriöiden aiheuttajat, vähentämällä ja korjaamalla rikkoutumia aiheuttavia toimintoja sekä suunnittelemalla tuotanto, siten että sahataan pitempiä sarjoja, jolloin tuotanto yksinkertaistuu.

Laatukustannukset muodostavat merkittävän osan yrityksen kaikista kustannuksista, joten laatukustannuksia pienentämällä on mahdollista merkittävästi pienentää yrityksen kustannuksia ja siten parantaa tulosta.

Avainsanoja: laatukustannus, virhekustannus, sertifioitu laatujärjestelmä, sahayritys



Author, Name of the thesis

Pia Lahti

Quality costs on a sawmill company

Date: 18.8.1998

Number of pages: 118

Faculty, professorship

Faculty of Forest Products Technology

Wood Technology, Puu-28

Supervisor

Professor Tero Paajanen

Instructor

Risto Laaksonen, M.Sc.

The primary objective of this master's thesis was to measure the quality costs in a sawmill company. The secondary objective was to determine the most suitable ways of measuring and reducing quality costs. Quality costs are all the costs that are incurred by checking the quality and non-quality. Quality costs are divided into four main groups. These groups are prevention costs, appraisal costs, internal failure costs and external failure cost.

The amount of failure costs was determined in this sawmills process from the moment when a log is received in a sawmill's premises and until the moment when a lumber package is ready for moving into storage. In addition, the cost of prevention and appraisal were measured in the whole company.

Most information needed to determine quality costs was available in the information system. The information that was not gathered in the information system at all, was gathered with interviews. All the information used concerned only the years '95-'96. Internal failure cost elements were determined in every department of production. In order to determine external failure costs, the reclamation paid in the last four years was summarized. The prevention costs were determined by summarizing annual costs of maintenance, quality certification and education. The appraisal costs were determined by summarizing the annual salaries of those working in the quality assurance department.

The quality costs were divided so that 70 % of them were negative quality costs, of which 2 % were external failure costs and 68 % internal failure costs. The total cost of quality obeys the 20/80-rule, so that 20 % of the quality cost elements were the source of 80 % of the quality costs.

The most significant internal failure cost elements were the disturbances in the main production line, the damage to raw materials and sawn goods, as well as to management of material flow. The cost of quality can significantly be reduced by removing the main reasons for disturbances, by reducing and repairing activities that cause damage and by sawing in bigger batches to simplify production.

Quality costs are a large part of the cost of this sawmill. By cutting down the cost of quality, there is a high potential to improve the company's return.

Keywords: cost of quality, (quality costs) failure costs, quality certification, sawmill company

## ALKULAUSE

Tämä diplomityö on tehty Yhtyneet Sahat Oy:n Kaukaan sahan toimeksiannosta. Työn valvojana on toiminut professori Tero Paajanen Teknillisestä korkeakoulusta ja ohjaajana diplomi-insinööri Risto Laaksonen Kaukaan sahalla. Haluan kiittää professori Paajasta hänen arvokkaista neuvoistaan ja kommenteistaan työn aikana. Erityisesti haluan kiittää Risto Laaksosta, jota parempaa diplomityön ohjaajaa ei voi olla.

Työn projektiryhmään kuuluivat markkinointipäällikkö Juha Miettinen ja laatupäällikkö Kyösti Heikkinen. Heille molemmille lämpimät kiitokset.

Kiitän Kaukaan sahan henkilökuntaa. Heidän asiantuntemuksensa ja hyvät neuvonsa olivat kullan arvoisia tämän työn kannalta.

Lisäksi haluan kiittää metsäylioppilas Pekka Paavolaa sekä Kaukaan tietopalvelun henkilökuntaa ja muita työssä auttaneita, erityisesti väsymätöntä oikolukijaa.

Kajaanissa 18.8.1998



Pia Lahti

## SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä	2
Abstaract	3
Alkulause	4
Sanasto	8
<i>1 JOHDANTO</i>	9
1.1 Tavoite	9
1.2 Tausta ja raja	9
<i>2 YHTYNEET SAHAT OY:N TOIMINTA</i>	11
2.1 Yleistä	11
2.2 Sahat	11
2.3 Kaukaan sahan toiminta	11
<i>3 LAATUJÄRJESTELMÄT</i>	13
3.1 Laatu	13
3.2 Työkaluja laadun parantamiseen	13
3.3 ISO 9000-standardit	14
3.3.1 Yleistä	14
3.3.2 Laatu	17
3.3.3 Laatu	17
3.4 ISO 14 001	19
3.5 Laatu	20
3.6 Kaukaan sahan laatu	21
3.6.1 Rakentaminen	21
3.6.2 Ylläpito ja kehittäminen	22
3.6.3 Laatu	22



<b>4 LAATUKUSTANNUKSET</b>	<b>23</b>
4.1 Määritelmä	23
4.2 Laatukustannusten jaottelu	23
4.2.1 Ennalta ehkäisevän toiminnan kustannukset	25
4.2.2 Valvonnan kustannukset	26
4.2.3 Sisäiset virhekustannukset	27
4.2.4 Ulkoiset virhekustannukset	28
4.3 Laatukustannusten mittaamiseen liittyvät ongelmat	28
4.3.1 Paretoanalyysi	31
4.4 Aikaisempia tutkimuksia	32
4.5 Laatukustannustietojen raportoiminen ja hyväksikäyttö	36
4.5.1 Syyt keräämiseen	36
<b>5 LAATUKUSTANNUSTEN SELVITTÄMINEN</b>	<b>42</b>
5.1 Yleistä	42
5.2 Ennalta ehkäisevän toiminnan ja valvonnan kustannusten laskeminen	42
5.3 Ulkoisten virhekustannusten laskeminen	43
5.4 Sisäisten virhekustannusten määrittäminen	45
5.4.1 Tuotantoprosessi ja virhekustannuspaikat	45
5.4.2 Tukkilajittelu	47
5.4.3 Kuorimo	54
5.4.4 Saha	57
5.4.5 Kuivaamo	63
5.4.6 Lajittamo- ja paketointilaitokset	66
5.4.7 Muut laatukustannustekijät	68
<b>6 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU</b>	<b>72</b>
6.1 Tuotteen laatuun vaikuttaneet tekijät ja laatukustannusten määrä	72
6.1.1 Laskelmissa käytetyt hinnat ja luvut	72
6.1.2 Ennalta ehkäisevän toiminnan kustannukset	73
6.1.3 Valvonnan kustannukset	76
6.1.4 Ulkoiset virhekustannukset	76
6.1.5 Sisäiset virhekustannukset	79

---

6.1.6 Kuorimo	82
6.1.7 Saha	83
6.1.8 Kuivaamo	88
6.1.9 Lajittelu- ja paketointilaitokset	91
6.1.10 Muut	92
6.2 Tuotannon kokonaislaatukustannukset	96
6.3 Merkittävimmät laatukustannukset	99
6.4 Ehdotukset laatukustannusmittareiksi ja laatukustannusten pienentämiseksi	102
7 YHTEENVETO	109
7.1 Laatujärjestelmät ja -kustannukset	109
7.2 Kehityskohteita laatukustannusten laskemisessa	110
7.3 Kaukaan sahan laatukustannukset	111
7.4 Suurimmat laatukustannuskohteet	111
7.5 Laatukustannusten pienentäminen	112
8 LÄHDELUETTELO	114

## SANASTO

**Benchmarking, benchmarkkaus** tarkoittaa organisaatioiden välistä vertailua, jossa etsitään keinoja parantaa omaa toimintaa pitäen mallina toista organisaatiota.

**FIFO-periaate (First In First Out)** on varastointijärjestelmä, jossa ensimmäisenä varastoon siirretty tuote otetaan siitä ensimmäisenä pois.

**Laatukustannus** on laadunvarmistuksesta tai laaduttomuudesta aiheutuva kustannus.

**LIFO-periaate (Last In First Out)** on varastointijärjestelmä, jossa viimeisenä varastoon siirretty tuote otetaan siitä ensimmäisenä pois.

**Läpimenoaika** on se aika, jossa tuote menee läpi tuotantoprosessin.

**SMV (Sahan Materiaali Virta)** eli Kaukaan sahan käyttämä tietojärjestelmä



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tavoite

Tämän tutkimuksen tavoite on paikallistaa ja mitata toiminnan laatukustannukset sahatukista sahatavarapaketiksi ja tehdä ehdotukset korjaavista ja ehkäisevistä toimenpiteistä. Laatukustannuksilla tarkoitetaan sellaisia kustannuksia, jotka syntyvät, kun toiminta ei ole optimaalista koko toiminnan ajan ts. jotakin asiaa ei tehdä oikein heti ensimmäisellä kerralla. Jotta tavoitteeseen päästään, on löydettävä vastaukset seuraaviin kysymyksiin:

1. Mitkä ovat Kaukaan sahan tuotannon laatukustannuspaikat?
2. Mikä on laatukustannusten suuruusluokka?
3. Mitä mahdollisia keinoja on pienentää laatukustannuksia?
4. Mikä on suurempien laatukustannusten pienentämispotentiaali?

## 1.2 Tausta ja raja- aus

Laatukustannusten selvittäminen on luonnollinen jatko Kaukaan sahalla keväällä 1995 sertifioidulle laatujärjestelmälle. Laatukustannukset selvitetään hyödyntämällä laatujärjestelmän mukaista toimintamallia.

Tässä tutkimuksessa selvitetään laatukustannukset, jotka muodostuvat Kaukaan sahan tuotannossa. Laatukustannusten tarkastelu alkaa hetkellä, jolla sahatukki otetaan vastaan sahan alueella ja päättyy, kun sahatavarapaketti on valmis. Tutkimuksen kanssa samanaikaisesti on käynnissä Helsingin yliopiston Metsäekonomin laitoksen opinnäytetyö, jonka tarkoitus on selvittää sahan markkinoinnin ja jakelun laatukustannukset.

Laatukustannuksen suuruutta määritettäessä on noudatettu varovaisuusperiaatetta. Tällä tarkoitetaan sitä, että mikäli jokin vaurion määrä tai hinta ei ole ollut mitattavissa, on se arvioitu mahdollisimman pieneksi. Kohtiin, joissa on jouduttu turvautumaan arvioon, on usein lisätty taulukko, johon on kirjattu myös muita vaihtoehtoja vaurion määrälle tai hinnan alenemalle. Laatukustannuksista lasketaan ainoastaan ne, jotka ovat arvoltaan yli kymmenen tuhatta markkaa vuodessa, tätä pienempien kustannus jätetään selvittämättä.

## 2 YHTYNEET SAHAT OY:N TOIMINTA

### 2.1 Yleistä

Yhtyneet Sahat Oy kuuluu UPM-Kymmene konserniin. UPM-Kymmene on suomalainen metsäteollisuusyritys, joka on muodostunut 1.5.1996 Kymmene Oy:n sekä Repola Oyn ja sen tytäryhtiön Yhtyneet Paperitehtaat Oy:n fuusiossa. Konsernin liikevaihto vuonna 1995 oli noin 55 miljardia markkaa. Yhtyneet Sahat Oy kuuluu osana UPM-Kymmene Timber toimialaan, johon kuluu lisäksi puutuote-tehtaat, saha Ranskassa, tukkuliike Irlannissa ja Puukeskus Oy. Koko toimialan liikevaihto vuonna 1995 oli 4000 Mmk. (UPM-Kymmene 1995)

### 2.2 Sahat

Yhtyneet Sahat Oy:öön kuuluu 10 sahaa. Niiden yhteinen kapasiteetti on 1 855 000 m<sup>3</sup>:ä. Yhtiön liikevaihto vuonna 1995 oli 2 311 Mmk. Yhtyneet Sahat jakautuvat itäiseen ja läntiseen alueeseen. Taulukossa 1 on esitetty yhtiön sahat ja niiden kapasiteetti. (UPM-Kymmene 1995)

Taulukko 1. Yhtyneet Sahat Oy: sahat ja niiden kapasiteetti

LÄNTINEN ALUE		ITÄINEN ALUE	
Saha	Kapasiteetti (m <sup>3</sup> )	Saha	Kapasiteetti (m <sup>3</sup> )
Seikun saha	330 000	Kaukaan saha	420 000
Parkanon saha	80 000	Heinolan saha	90 000
Korkeakosken saha	210 000	Kuopion saha	130 000
Wisatimber	250 000	Leivonmäen saha	60 000
		Kajaanin ja Sotkamon sahat	210 000

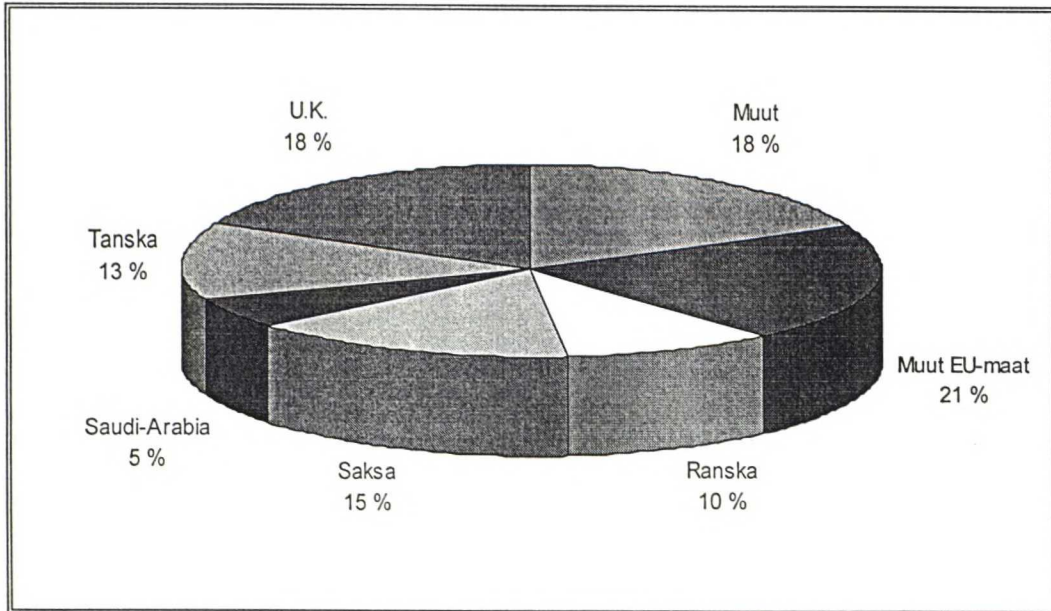
### 2.3 Kaukaan sahan toiminta

Kaukaan saha on integraattisaha, jossa vuonna 1996 sahattiin 364 000 m<sup>3</sup>:ta sahatavaraa. 75 % sahatusta oli mäntyä ja 25 % kuusta. (Kaukaan sahan vuosikertomus 1996) Sahalla on kaksi sahalinjaa, pääsaha- ja pientukkilinja. Sahalinjat muodos-



tuvat pelkkahakkureista ja vannesahoista. 83 % tuotannosta sahataan pääsahalinjalla.

Sahan tuotannosta noin 80 % menee vientiin. Päävientimaita ovat: U.K., Saksa, Tanska, Ranska ja Saudi-Arabia. Kuvassa 1 on esitetty vientimaat viennin arvon mukaan vuonna 1995. (Kaukaan sahan vuosikertomus 1995)



Kuva 1. Kaukaan sahan markkamääräisen viennin jakautuminen vuonna 1995

### 3 LAATUJÄRJESTELMÄT

#### 3.1 Laatu

Käsite "laatu" voidaan määritellä usealla eri tavalla. Seuraavassa on esitetty muutamia määritelmiä.

Laatu on sitä, että tuotetaan tuotteita ja palveluita, jotka saavuttavat sisäisten ja ulkoisten asiakkaiden odotukset ensimmäisellä kerralla, ajallaan ja joka kerta (Hendry 1991).

Laatu on kokonaisvaltaista sitoutumista täyttämään asiakkaiden tarpeet (Jaehn 1989).

Laatu on ennen kaikkea kunkin yrityksen laatukulttuurin oma tuote. Eri yritysten ja ihmisten käsitys laadusta saattaa vaihdella suurestikin. Erityisen tärkeää olisikin muodostaa yrityksen oma käsitys laadusta ja kertoa se avoimesti kaikille työntekijöille, jotta kaikilla olisi sama tavoite laadun parantamisessa. (Juran et. al. 1993)

Varsinaisesti laatu vaatii ainoastaan yhden asian: Jokainen tekee oman työnsä hyvin. (Hendry 1991)

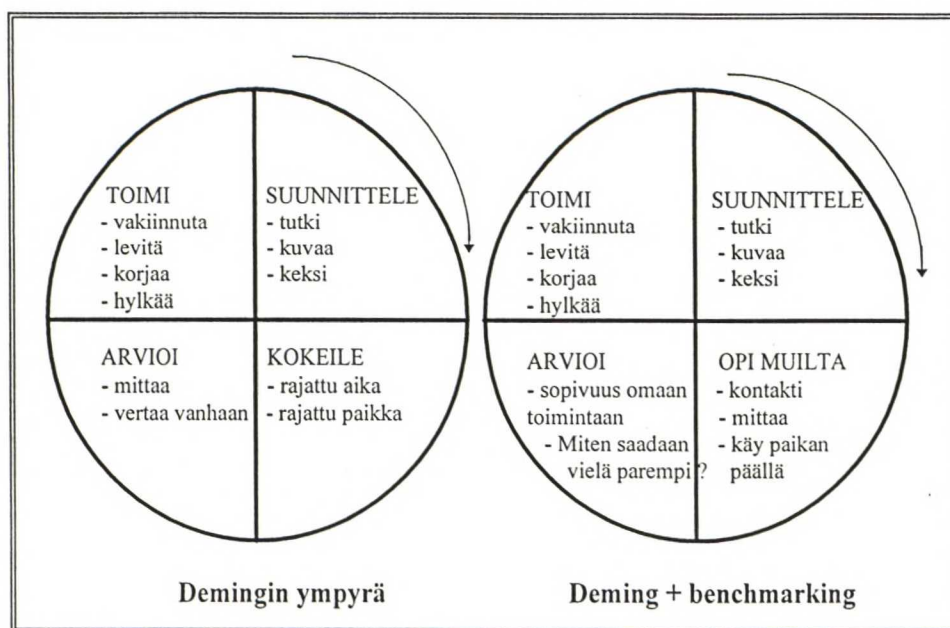
#### 3.2 Työkaluja laadun parantamiseen

Laatuajattelun isänä pidetään Demingiä, jonka piti oppimista tärkeänä osana laatu-käsitystä. Klassinen Demingin ympyrä eli PDCA-sykli (Plan Do Check Act) kuvaa oppimisprosessia, joka auttaa laadun systemaattisessa parantamisessa.

Demingin ympyrässä ongelman ratkaisu- tai parantamisprosessi jakautuu neljään osaan. Prosessi alkaa suunnittelusta. Suunnitelma toteutetaan rajatulla, tarkkailtavalla alueella. Suunnitelman toteutumista arvioidaan ja suunnitelmaan tehdään korjaukset arvion mukaan. Kierros alkaa alusta: tehdään uusi suunnitelma, toteutetaan, tarkastetaan ja siihen tehdään muutoksia niin kauan kunnes saavutetaan tavoiteltu lopputulos.

Benchmarkingilla tarkoitetaan toisten vastaavien prosessien tarkkailua ja niiden hyvistä ja huonoista puolista oppimista. Erään amerikkalaisen tutkimuksen mukaan benchmarkkausta käyttää 38 % yrityksistä ja 24 % suunnittelee benchmarkkauksen käyttöä. (Quality Progress 1996)

Kuvassa 2 on vasemmalla puolella esitetty klassinen Demingin ympyrä. Oikealla puolella on Demingin ympyrä, johon on lisätty benchmarkkauksen periaate.



Kuva 2. Demingin ympyrä ja benchmarkingilla parannettu Demingin ympyrä (Lehtovaara 1996)

### 3.3 ISO 9000-standardit

#### 3.3.1 Yleistä

Laatujärjestelmän perustarkoitus on olla organisaation jatkuva projektisuunnitelma, jolla yrityksen johto toteuttaa toiminnalle, tuotteille ja palveluille asetettuja tavoitteita, ohjaa resursseja tarkoituksenmukaisella tavalla, seuraa ja muuttaa tarvittaessa tavoitteita ja suorituskymittareita sekä huolehtii palautteen hankinnasta ja tehokkaasta käsittelystä ja ongelmien poistamisesta jo oireasteella. (Moisio et. al. 1996)



ISO 9000-laadunhallintastandardit ovat ilmestyneet 1980-luvun lopussa. Ne ovat levinneet erittäin nopeasti eri alan yrityksiin. (Moisio et. al. 1996) ISO 9000- perusstandardistoon kuuluvat standardit ISO 9000, ISO 9001, ISO 9002, ISO 9003 ja ISO 9004 (Juran et. al. 1993)

ISO 9000- standardi on nimeltään *Laadunhallinnan ja laadunvarmistuksen standardit*. ISO 9000-standardi on opas, joka esittelee koko ISO 9000 standardiperheen ja kertoo ko. standardien käytön yleiset periaatteet. Sen eri osat antavat ohjeita standardien soveltamisessa eri tilanteissa. (Moisio et. al. 1996)

ISO 9001- standardin nimi on *Laatujärjestelmät. Suunnittelun, tuotekehityksen, tuotannon, asennuksen ja huollon laadunvarmistusmalli*. Se kattaa yrityksen toiminnot suunnittelusta tuotantoon. (Moisio et. al. 1996)

ISO 9002- standardin nimi on *Laatujärjestelmät. Tuotannon, asetuksen ja huollon laadunvarmistusmalli*. Standardi on samankaltainen standardin ISO 9001 kanssa, mutta ei sisällä suunnittelua koskevia vaatimuksia.

ISO 9003- standardi keskittyy lopputarkastukseen ja -testaukseen.

ISO-standardeja 9001, 9002 ja 9003 sisältävät laatujärjestelmän osia koskevia vaatimuksia ja niitä käytetään kriteereinä laatujärjestelmien sertifiointeissa. (Moisio et. al. 1996)

ISO 9004- standardi on nimeltään: *Laadunhallinta ja laatujärjestelmän rakenneosat*. Standardia voidaan käyttää ohjeena laatujärjestelmää rakennettaessa ja se sisältää laadunhallintaa koskevia lisäohjeita erilaisille yrityksille. Siinä määritellään mm. ne osat, joista laatujärjestelmä rakentuu. (Moisio et. al. 1996)

SFS-EN ISO 8402 on laatualan sanasto, jossa on määritelty laatualan erikoistermit. Sanastoa käytetään apuna ISO 9000 standardeja luettaessa. (Moisio et. al. 1996)

Laatuohjelmat ja -järjestelmät on otettu käyttöön pääasiassa 90-luvulla. Erään yhdysvaltalaisen tutkimuksen (Quality Progress 1996) mukaan 50 % yrityksistä on aloittanut laatuohjelman 90-luvulla ja 42 % 80-luvulla. Varhaisimmat laatuohjelmat on aloitettu Yhdysvalloissa jo 20-luvulla. Useat Suomen sahateollisuusyritykset ovat hankkineet sertifioitua laatujärjestelmän vuoden 1993 jälkeen. (Sävilammi 1995) Taulukossa 2 on esitetty Suomessa sertifioitua sahat, niiden toimipaikka, standardi, jonka mukaan laatujärjestelmä on rakennettu sekä standardoimisajankohta.

Taulukko 2. Suomessa vuoden 1997 tammikuun loppuun mennessä sertifioitua sahat ja sahatavaran jatkojalostuslaitokset (Pakkanen 1997)

Sertifioitu yritys	Toimipaikka	Standardi	Ajankohta
Ahlström Pihlava Oy	Pori	SFS-EN ISO	6/96
Enso Timber Oy Ltd	Honkalahti	SFS-EN ISO	2/94
Enso Timber Oy Ltd	Kitee	SFS-EN ISO	2/94
Enso Timber Oy Ltd	Kotka	SFS-EN ISO	5/95
Enso Timber Oy Ltd	Tolkkinen	SFS-EN ISO	9/95
Enso Timber Oy Ltd	Uimaharju	SFS-EN ISO	5/96
Enso Timber Oy Ltd	Varkaus	SFS-EN ISO	3/95
Iisalmen Sahat Oy	Peltosalmi	SFS-EN ISO	4/96
Metsä Timber Oy Ltd	Vilppula	SFS-EN ISO	8/95
Vapo Timber Oy	Hankasalmi	SFS-EN ISO	1/94
Vapo Timber Oy	Kevätniemi	SFS-EN ISO	8/92
Yhtyneet Sahat Oy	Kajaani	SFS-EN ISO	6/93
Yhtyneet Sahat Oy	Heinola	SFS-EN ISO	1/96
Yhtyneet Sahat Oy	Kaukas	SFS-EN ISO	3/95
Yhtyneet Sahat Oy	Korkeakoski	SFS-EN ISO	6/94
Yhtyneet Sahat Oy	Kuopio	SFS-EN ISO	4/96
Yhtyneet Sahat Oy	Seikku & Parkano	SFS-EN ISO	6/94
Yhtyneet Sahat Oy	Wisatimber	SFS-EN ISO	1/95

### 3.3.2 Laatu järjestelmien levinneisyys ja kehittämisen syyt

Yritysten laatu järjestelmän sertifiointin pääasiallinen syy on taloudellisen hyödyn saavuttaminen. Eräissä haastattelututkimuksissa yritysten edustajat nimesivät sertifiointin keskeisimmäksi syyksi yrityksen toiminnan laadun kehittämisen. (Sävilammi 1995) Kilpailuaseman ja -kyvyn parantaminen ovat myös etuja, joihin laatu järjestelmän sertifiointilla pyritään.

Laatu järjestelmällä ei välttämättä pyritä yksittäisen toimituksen tai tietyn laatu luokan laadun keskimääräisen laadun parantamiseen. Tärkeämpää on, että yritys pystyy tarkemmin kontrolloimaan tuottamansa laadun tasoa ja tästä seurauksena asiakas saa tarvitsemansa laadun tasaisena ja kilpailukykyiseen hintaan. (Sävilammi 1995)

Yhdysvaltalaisen tutkimuksen mukaan (Quality Progress 1996) syyt laatu järjestelmien käyttöönottoon ovat:

1. Asiakastyytyväisyys
2. Kilpailuedun saavuttaminen
3. Kustannusten vähentäminen
4. Kannattavuuden parantaminen

Saman tutkimuksen mukaan 82 %:lla yrityksistä on olemassa laatuohjelma. (Quality Progress 1996)

### 3.3.3 Laatu järjestelmän kehittäminen ja sertifiointi

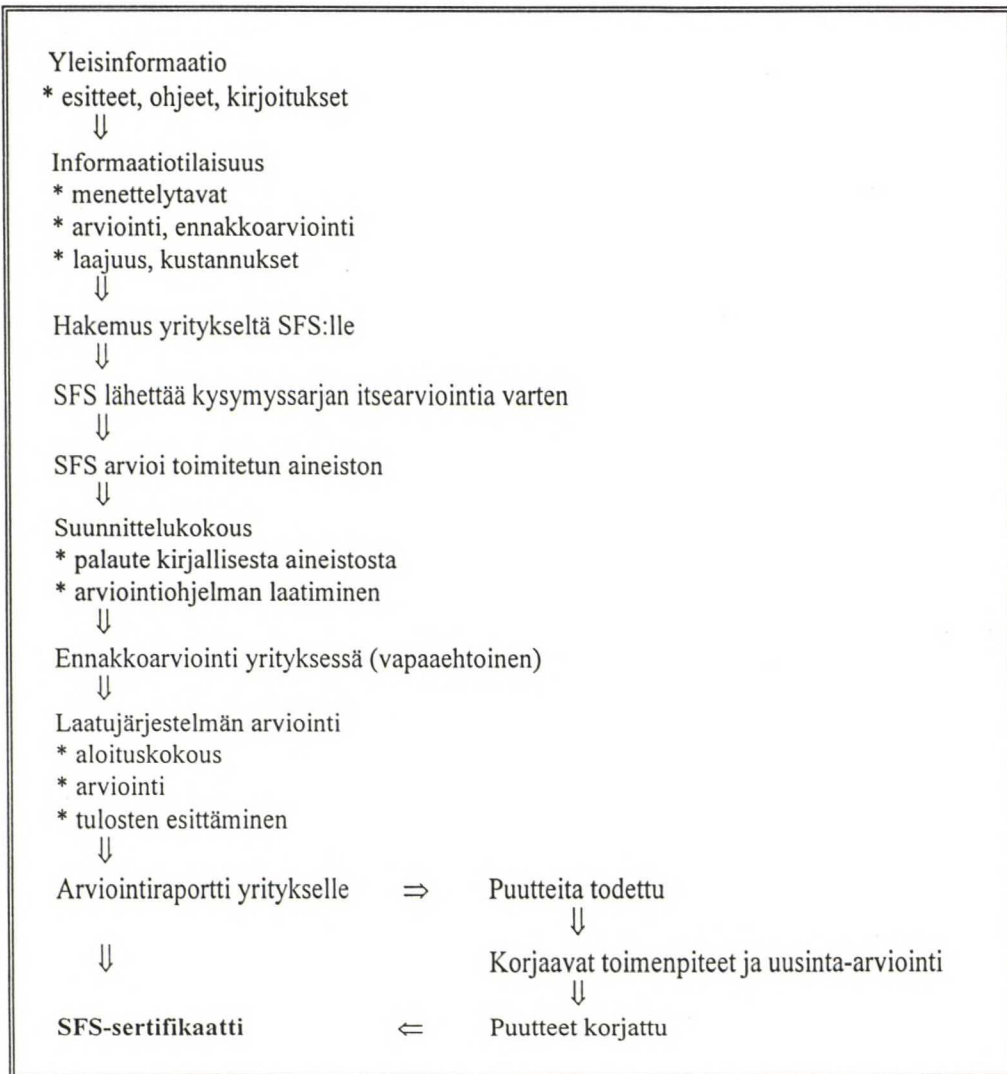
Kehittämisprosessi voidaan jakaa kahteen osaan: valmiuksien kehittämiseen ja järjestelmän kehittämiseen. Mekaanisen metsäteollisuuden yrityksissä kehittämisprosessi kestää yleensä puolestatoista kolmeen vuoteen. Järjestelmän luomiseen kuluvasta ajasta keskimäärin 60 % menee kouluttamiseen, dokumentointiin ja



kalibroimiseen. Loppu aika kuluu systeemin toimivaksi saattamiseen ja virheiden korjaamiseen. (Sävilammi 1995)

Kun järjestelmä on saatu toimivaksi, otetaan yhteyttä sertifioimisorganisaatioon ja sertifiointiprosessi voidaan käynnistää. Prosessi noudattaa yleensä kuvan 3 kaltaista järjestystä.

Laatujärjestelmän sertifiointin kustannukset muodostuvat sertifiointiorganisaation veloituksesta, mahdollisesta konsultin palkkiosta, laiteinvestoinneista sekä yrityksen omasta panostuksesta. Laatujärjestelmän kehittämisen kokonaiskustannukset ovat huomattavan suuret, vähintään 0,5 ... 2 Mmk kahden vuoden aikana. (Sävilammi 1995)



Kuva 3. Sertifioimisprosessin eteneminen pääpiirteittäin (Sävilammi 1995)

### 3.4 ISO 14 001

ISO 14 001 standardin nimi on: *Ympäristöjärjestelmät. Spesifikaatio ja ohjeita sen käyttämiseksi*. Standardi määrittelee ympäristöjärjestelmää koskevat vaatimukset. Standardi on tarkoitettu kaikille organisaatioille, jotka haluavat:

- toteuttaa, ylläpitää ja parantaa ympäristöjärjestelmää,
- varmistaa toimivansa määrittelemänsä ympäristöpolitiikan mukaisesti,
- osoittaa tämän yhdenmukaisuuden muille,

- d) hakea sertifiointia/rekisteröintiä ympäristöjärjestelmälleen ulkopuolisilta organisaatioilta,
- e) päättää ja julistaa toimivansa standardin mukaisesti.

### 3.5 Laatupalkinnot

Laatupalkintoja jaetaan vuosittain useissa maissa yrityksille, jotka ovat tehneet aktiivista työtä koko toiminnan laadun parantamiseksi. Yritys ilmoittautuu kilpailuun ja voittajat valitaan pisteyttämällä ennalta määrättyjä toiminnan alueita kirjallisten raporttien ja yritysvierailujen avulla. Useimmat laatupalkinnot noudattavat arvostelukriteereitään amerikkalaista Malcolm Baldrige National Quality Awardin laatu-kriteereitä. (Juran et. al. 1993)

Muita laatupalkintoja ovat esimerkiksi European Quality Award ja Suomen laatu-palkinto, jota on jaettu vuodesta 1991 alkaen.

Suomen laatupalkintoarviointialueet vuonna 1996 on esitetty taulukossa 2. Arviointialueet poikkeavat ainoastaan hieman Malcolm Baldrige laatupalkinnon alueista. Vuoden 1997 Laatupalkintokriteerit, joihin alueet jakautuvat, muuttuvat jonkin verran, mutta arviointialueet pysyvät samana. (Molin 1996)

Taulukko 3. Suomen laatupalkintoarviointialueet 1996 (Arviointiperusteet 1996)

	Arviointialueet	Maksimipisteet
1	Johtajuus	70
2	Tiedot ja niiden analysointi	75
3	Strateginen suunnittelu	50
4	Henkilöstön kehittäminen	175
5	Prosessien hallinta	125
6	Toiminnan tulokset	195
7	Asiakassuuntautuminen ja -tyytyväisyys	250
8	Yhteiskunnalliset vaikutukset	60
	<b>Pisteet yhteensä</b>	<b>1000</b>

Arviointialueet jakautuvat arviointikohtiin, joita on 25 kappaletta. Arviointikohdat painottavat toiminnan kannalta keskeisiä vaatimuksia. Arviointikohdat jakautuvat 58 tarkastelukohtaan, jotka ohjaavat organisaation arviointia ja avustavat parantamisalueiden löytämisessä. (Arviointiperusteet 1996)

Vuonna 1995 Laatupalkintoa tavoitteli yli 50 suomalaista yritystä. Keskimäärin yritykset saivat pisteitä noin 350. (Molin 1996)

### **3.6 Kaukaan sahan laatujärjestelmä**

#### *3.6.1 Rakentaminen*

Kaukaan sahan laatujärjestelmässä sovelletaan SFS-ISO 9002-laadunvarmistusmallia. Laatujärjestelmää rakennettaessa ja edelleen kehitettäessä huomioidaan soveltuvin osin ISO 9004-standardin määreet. Kaukaan sahan laatujärjestelmä kattaa sahatavaran valmistuksen ja markkinoinnin sekä edellyttää, että sahan kanssa välittömässä yhteistyössä olevilla yrityksillä on sahaa tyydyttävät laatujärjestelmät tai toimintatavat. (Kaukaan sahan laatujärjestelmä)

Kaukaan sahan laatujärjestelmää on alettu järjestelmällisesti rakentamaan vuoden 1994 alusta. Tällöin on ollut käytössä kirjalliset vakanssikohtaiset työohjeet, joihin on laatujärjestelmää varten lisätty laadunvarmistus. Laatujärjestelmää luotaessa sahaus on ollut pilottiprojekti.

Kaukaan sahan laatujärjestelmää rakennettaessa ei ole käytetty ulkopuolista konsulttia, vaan on hyödynnetty Kaukaan paperitehtaan, Schauman Wood Oy:n ja Wisatimber Oy:n hankkimaa kokemusta. Laatujärjestelmän rakentamisessa periaatteena on ollut, että mahdollisimman moni osallistuu järjestelmän luomiseen. Tällä tavoin helpotetaan laatujärjestelmän käyttöönottoa. Sahan laatujärjestelmä on sertifioitu maaliskuussa 1995.



### 3.6.2 Ylläpito ja kehittäminen

Laatujärjestelmää kehitetään jatkuvasti. Sahanlinjojen uusimisen jälkeen ohjeistamisesta vastaavat esimiehet uusivat ohjeet heti, jotta laatujärjestelmä pysyisi ajan tasalla. (Heikkonen 1996)

Kaukaan sahalla on panostettu asiakaspalveluun, erityisesti reklamaatiosysteemin kehittämiseen ja pikaiseen tarjouspyyntöihin vastaamiseen. Nykyään ensimmäinen kontakti asiakkaaseen on vuorokauden sisällä tarjouspyynnön saapumisesta.

Heikkosen mielestä laatujärjestelmän käytön vakiintumisen jälkeen seuraava vaihe laatuajattelun tuomisessa yrityksen kaikille työntekijöille on Suomen lautupalkinnon tavoitteleminen muutaman vuoden kuluessa. Ympäristö-sertifikaatin hakeminen tulee ajankohtaiseksi vuoden 1998 loppuun mennessä. (Heikkonen 1996)

Kaukaan sahan kehittämisessä auttaa sisäisten auditointien ja koulutustoiminnan lisäksi Yhtyneet Sahat Oy:n lautupäälliköiden yhteistyö.

### 3.6.3 Laatujärjestelmän tuomat edut

Laatujärjestelmän avulla on voitu järkipäristää ja systematisoida toimintaa. Laatujärjestelmät parantavat mahdollisuuksia Yhtyneitten Sahojen yhteistyöhön ja kehittämiseen.

Sahalla on arvioitu, että kolmen neljän vuoden kuluessa laatujärjestelmän käyttöönotosta järkipäristäminen näkyy jo tuloksen parantumisessa. Myös muut laatujärjestelmän tuomat hyödyt tulevat muutaman vuoden kuluessa, mm. asiakastytyväisyys alkaa parantua, kun laatujärjestelmä on ollut käytössä kahdesta kolmeen vuotta. Työtytytyväisyyden parantuminen kestää kolmesta neljään vuotta. (Heikkonen 1996)

## 4 LAATUKUSTANNUKSET

### 4.1 Määritelmä

Laatukustannus on määritelty kirjallisuudessa seuraavilla tavoilla:

Laatukustannus voidaan määritellä kustannukseksi, joka syntyy, kun jotain asiaa ei tehdä ensimmäisellä kerralla oikein. Siis laadun tekeminen on ilmaista, virheelisen tuotteen tekeminen kallista. (Crosby 1985)

Laatukustannus voidaan myös määritellä kustannukseksi joka syntyy laaduttomuudesta tai aiheutuu hyvälaatuisen tuotteen aikaansaamisesta. (Lipponen 1988)

IBM määrittelee laatukustannuksiksi ne kustannukset, joilla varmistetaan, että tuotteet vastaavat asiakkaiden vaatimuksia. (Lipponen 1988)

Laatukustannukset ovat kustannuksia, jotka pääasiallisesti syntyvät virheiden tekemisestä, etsimisestä ja korjaamisesta. (Virtanen 1986)

Yleisesti laatukustannuksiin voidaan lukea ne kustannukset, jotka häviävät, kun laatua alentava virhe häviää.

### 4.2 Laatukustannusten jaottelu

Laatukustannukset jaetaan yleensä kahteen pääryhmään: laadun varmistamisen kustannuksiin sekä virheellisen laadun aiheuttamiin kustannuksiin. Laadun varmistamisen kustannukset jaetaan yleensä ennalta ehkäisevän toiminnan kustannuksiin ja valvonnan kustannuksiin. Virheellisestä laadusta aiheutuvat kustannukset jaetaan sisäisiin ja ulkoisiin virhekustannuksiin. Kuvassa 4 on esitetty tämä jako. Laatukustannukset jaetaan joskus myös ehkäisy-, havaitsemis-, korjaus- ja virhekustannuksiin. (Hellman 1995)



Kuva 4. Kaavio laatukustannusten jakautumisesta

Selvästi havaittavissa ja mitattavissa olevien laatukustannusten lisäksi ovat olemassa myös piilotetut laatukustannukset. Laatukustannuksista onkin esitetty ns. jäävuorimalli. Mallin mukaan havaittavissa olevat laatukustannukset ovat vain jäävuoren huippu, kun taas jäävuoren suurimman osan muodostavat piilotetut laatukustannukset. Piilotetut laatukustannukset on arvioitu jopa neljä kertaa niin suuriksi kuin mitattavissa olevat laatukustannukset. (Grey 1995) Piilotettuja laatukustannuksia ovat (Juran et.al. 1993):

1. Myynnin menetykset.
2. Laatuongelmista johtuvat tuotteen uudelleen suunnittelun kustannukset.
3. Laatuongelmista johtuvat tuotantotapojen muutokset.
4. Laatuongelmista johtuvat ohjelmistojen vaihdokset.
5. Kustannukset, jotka on aikaisemman virhetason myötä sisällytetty standardiin. Virheet havaitaan vasta, kun niiden ylittäessä tietyn tason, vaikka ne ovat silloin jo aiheuttaneet huomattavan kustannuksen.

6. Laatuongelmista aiheutuvat ylimääräiset valmistuskustannukset, esimerkiksi ylimääräinen varastotila ja ylityöstä maksetut palkat.
7. Hylky, josta ei raportoida.
8. "Varmuuden vuoksi" tehty ylimääräinen työ esimerkiksi tilanteissa, joissa jokin tavoitearvo on selvästi liian korkea keskiarvoon nähden.

#### *4.2.1 Ennalta ehkäisevän toiminnan kustannukset*

Ennalta ehkäisevien toimenpiteiden kustannuksiin luetaan kaikki ne kustannukset, jotka syntyvät toimenpiteissä, jotka tehdään laadun varmistamiseksi ennen kuin tuotanto on aloitettu. Tällaisia toimenpiteitä ovat (Suomen Laadunvarmistusyhdistys ry. 1977):

1. Laatujärjestelmän rakentaminen, käyttöönotto ja ylläpito.
2. Laadunvalvonta ennen tuotannon aloittamista, joka sisältää uusien tai muutettujen tuotteiden tarkastuksen ja laatupuutteiden selvittämisen sekä parannusehdotusten teon.
3. Valmistusedellytysten selvittäminen, johon kuuluu uusien ja muutettujen valmistusmenetelmien ja valmistusprosessien sekä puutteiden raportointi ja parannuksien ehdottaminen.
4. Laaduntarkastusjärjestelmän laatiminen, joka käsittää raaka-aineen vastaanottotarkastuksen, valmistustarkastuksen, tuotteen loppu-  
tarkastuksen ja laadunarvostelun. Tähän sisältyy myös tarkastusmuodon valinta, tarkastusasemien suunnittelu, tarkastuskohteiden laadinta ja tarkastusvälineiden hankinta.
5. Toimittajien arviointi, jolla tarkoitetaan jo käytettyjen tai mahdollisesti kysymykseen tulevien toimittajien arviointeja.



6. Laatutason seuranta ja analysointi, joka sisältää tuotteiden laatutason seurannan ja analysoinnin. Lisäksi tähän ryhmään kuuluvat toimenpiteiden ehdottaminen sekä suoritettavien toimenpiteiden valvonta.

7. Laatukatsastus (Sisäinen ja ulkoinen auditointi), jolla tarkoitetaan eräänlaista laadunvalvonnan tilintarkastusta, jonka valvotaan, että laatutoimintaa varten laadittuja suunnitelmia ja menetelmiä noudatetaan.

8. Laadunohjaustoiminnan johtaminen, joka käsittää totaalisen laadunohjaustoiminnan sekä muun ennaltaehkäisevän laadunvalvontatoiminnan johdon.

9. Koulutus ja laatutietoisuuden lisääminen, johon sisältyy laadunohjaustoiminnan koulutusohjelmien valmistelu ja toteutus. Lisäksi tähän kuuluu yrityksen ulkopuolelta saatu koulutus ja muu toiminta, jolla lisätään yrityksen henkilökunnan laatutietoisuutta.

#### *4.2.2 Valvonnan kustannukset*

Valvonta- eli tarkastuskustannukset käsittävät tarkastustoiminnasta syntyvät kustannukset. Tarkastustoiminnan tarkoituksena on todeta täyttävätkö materiaali, osat ja tuotteet asetetut laatuvaatimukset. Tarkastustoimintoja ovat (Suomen Laadunvarmistusyhdistys ry. 1977):

1. Vastaanottotarkastus, joka käsittää alihankkijoiden toimittaman materiaalin tarkastuksen.
2. Tuotantotarkastus, joka käsittää osien ja tuotteiden tarkastuksen valmistuksen yhteydessä.
3. Lopputarkastus, joka käsittää kaikki ne kustannukset, jotka syntyvät, kun tarkastetaan täyttävätkö lopputulokset asetetut vaatimukset.

4. Laadunarvostelu, jonka tarkoituksena on saada tietoa laadunvalvonnan tehokkuudesta.
5. Asennusten tarkastus, johon sisällytetään tarkastus, jonka yritys suorittaa asiakkaan kanssa tehdyn sopimuksen mukaisesti asennustyön yhteydessä asiakkaan luona.
6. Erikoistarkastukset, jotka sisältävät rutiininomaiset elinikäkokeet ja laboratoriokokeet, sekä muut vastaavanlaiset tuotannon ohessa suoritettavat tarkastukset.

#### 4.2.3 Sisäiset virhekustannukset

Sisäiset virhekustannukset ovat ne virheistä aiheutuvat kustannukset, jotka huomataan ennen tuotteen luovuttamista asiakkaalle. Sisäisiä virhekustannuksia (Suomen Laadunvarmistusyhdistys ry. 1977):

1. Romutus (Sahateollisuudessa haketus) eli materiaali ja osat hylätään siitä syystä, että laatuvaatimuksia ei ole täytetty.
2. Korjaus, uusintatyö, kun materiaalia, osia ja tuotteita joudutaan korjaamaan, jotta laatuvaatimukset saadaan täytettyä.
3. Arvon vähennys, kun laatupuutteellisuuksista johtuva materiaalin, osien ja tuotteiden arvo joudutaan vähentämään.
4. Uusintatarkastus eli tarkastus, joka joudutaan suorittamaan korjattaville osille ja tuotteille, sekä ylimääräinen tarkastus, jota vaaditaan, kun ratkaistaan, voidaanko kyseistä laatua olevat osat ja tuotteet hyväksyä.
5. Lajittelu, joka käsittää virheellisten yksiköiden lajittelun sellaisista eristä, joissa katsotaan olevan liian suuren määrän virheitä.

6. Vika-analyysit, joihin sisältyvät tutkimukset, analysoinnit ja vastaavanlaiset toimenpiteet virheiden syiden selvittämiseksi.
7. Työvaratuotanto, jolla tarkoitetaan sitä ylimääräistä tuotantoa, joka on tarkoitettu kompensoimaan virheitä.

#### 4.2.4 Ulkoiset virhekustannukset

Ulkoisiin virhekustannuksiin luetaan ne kustannukset, jotka syntyvät kun tuotteessa oleva virhe huomataan vasta, kun tuote on luovutettu asiakkaalle. Ulkoisia virhekustannuksia aiheuttavat (Suomen Laadunvarmistusyhdistys ry. 1977):

1. Reklamaatiot, jonka kustannuksiin sisältyvät reklamaatioiden vastaanoton, keruun, käsittelyn ja analysoinnin kustannukset.
2. Takuut, jotka sisältävät tuotteiden korjauksen ja vaihdon yrityksen asiakkailleen myöntämän takuuperiaatteen mukaisesti.
3. Muut korvaukset, joihin luetaan alennukset ja korvaukset, joita asiakkaille näiden vastaanotettua virheellisiä tuotteita.

#### 4.3 Laatumittauksen mittaamiseen liittyvät ongelmat

Laatumittauksia selvitetessä pääongelmia on neljä (Laakso 1981):

1. Mittausongelma, jolla tarkoitetaan jonkin ongelman aiheuttavan kustannuksen mittaamisen vaikeutta. Esimerkiksi sahausprosesseissa on vaikea seurata vaurioituvien kappaleiden määrää.
2. Laajuusongelma, jolla tarkoitetaan ongelmaa, joka syntyy, kun yritetään selvittää, mitkä kustannukset kuuluvat selvitettävään ongelmaan. Esimerkiksi sahalla on joskus vaikea määrittää, onko joku kustannus laatumittaus vai tavallinen tuotantokustannus.

3. Arvostusongelma, jolla tarkoitetaan sitä ongelmaa joka syntyy mm varastojen arvoa määritettäessä. Esimerkiksi sahan valmisvaraston arvo vaihtelee suuresti käytetäänkö sen arvona sahatavaran maailmanmarkkinahintaa, siihen sitoutuneen raaka-aineen ja työvoimakustannuksen arvoa vai jotakin muuta käypää arvoa.
4. Kohdistamisongelma, jolla tarkoitetaan ongelmaa, joka syntyy, kun jonkun virheen aiheuttamat kustannukset menevät päällekkäin jonkun toisen virheen aiheuttamien kustannusten kanssa. Tyypillinen kohdistamisongelma sahateollisuudessa syntyy, kun yritetään määrittää mikä osa korjauskustannuksista on ennakkohuollon ja mikä varsinaisen korjauksen kustannuksia.

Näiden pääongelmien lisäksi on usein vaikea vetää ehdotonta rajaa laatukustannusten ja tuotantokustannusten välille. Samoin on vaikea päätellä mihin neljästä ryhmästä kustannus kuuluu. Eri kustannuslajien erottaminen ei kuitenkaan ole ehdottoman tärkeää. Tärkeää on saada samankaltaiset kustannukset aina samaan ryhmään. (Suomen Laadunvarmistusyhdistys ry. 1977)

Eri laatukustannusryhmät voidaan erottaa esimerkiksi "Päätöksenteko-puulla" eli Underhillin päätöksentekomallin avulla (Underhill 1995). Malli perustuu yksinkertaisiin kysymyksiin, joihin vastataan "kyllä" tai "ei". Päätöksentekomalli on esitetty kuvassa 5





Kuva 5. Underhillin päätöksentekomalli

Perinteiseen laatukustannusajatteluun liittyy edellä esitettyjen ongelmien lisäksi muita ongelmia. Näitä ovat (Virtanen 1986):

1. Laatukustannuksiin liittyy perinteisesti kustannusten optimointiajattelu eli, että tietyn kustannustason saavuttamisen jälkeen ei kehitysprojekteja enää kannata etsiä.
2. Laatukustannusten etsintä painottuu yleensä tuotantoon, vaikka kalleimmat virheet tehdäänkin muualla, esimerkiksi markkinoinnissa, joten suurimmat virheet saattavat jäädä kustannusseurannan ulkopuolelle.
3. Virheisiin liittyvä raportointi saatetaan kokea valvontana ja negatiivisena asiana, jolloin esim. joku saattaa mieluummin korjata pienet virheet raportoimatta niistä.
4. Kustannustietojen oikea kohdistaminen on vaikeaa mikäli sopivaa virhekoodia ei löydy tai virheen syyn selvittäminen on vaikeaa.

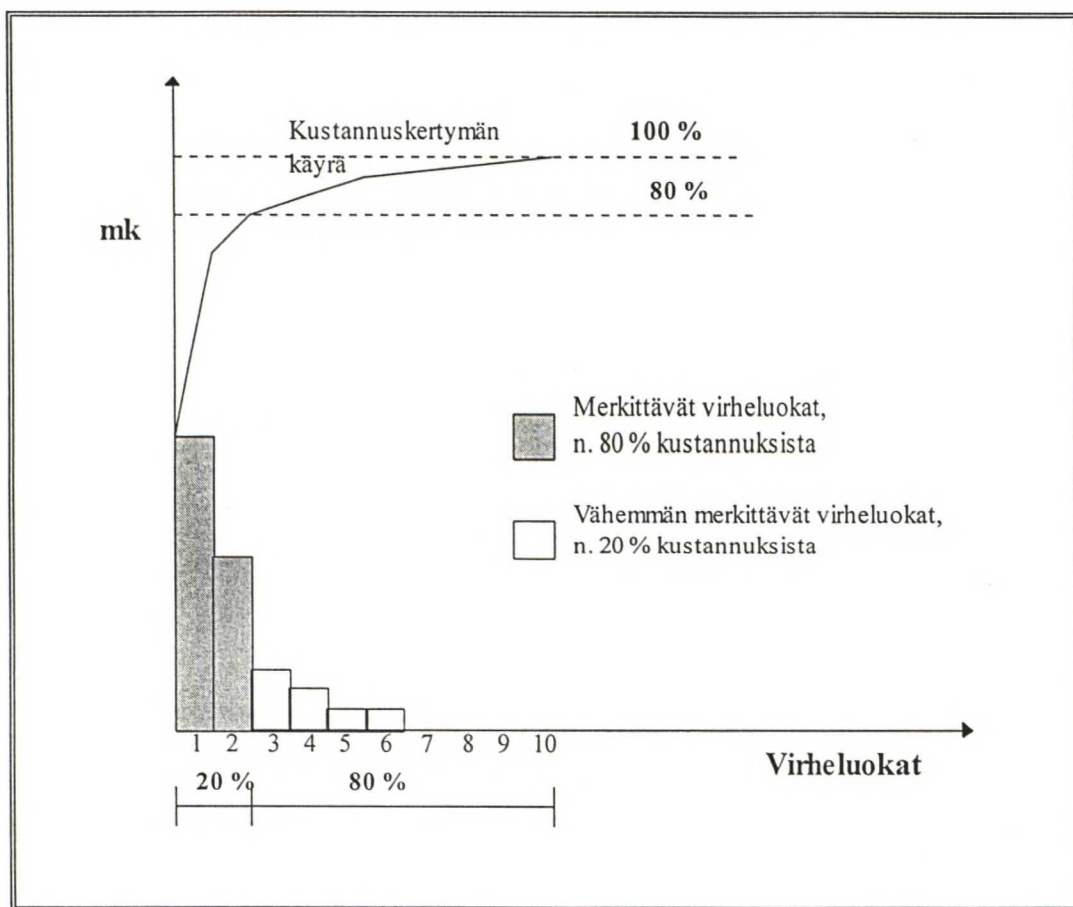
5. Laatukustannusten seuranta muodostuu raskaaksi ellei sitä saada liitettyksi yrityksen laskentajärjestelmään.
6. Laatukustannusten seuranta on passiivista, tieto kerätään, mutta sitä ei käytetä hyödyksi kehittämiskohteiden yksilöimiseksi ja tärkeysjärjestykseen asettamiseksi. Kustannukset raportoidaan tietyn kaavan mukaisesti tietämättä mitä raporttien kohteet tiedolla tekevät.
7. Laatukustannusjärjestelmä on hidas, on vaikea saada riittävän nopeasti palautetta.
8. Ennalta ehkäisevien kustannusten määrittely ja rajaaminen. Näihin on perinteisesti laskettu vain laatuosaston kustannukset, kuitenkin ennaltaehkäisevää työtä tehdään kaikkien toimintojen yhteydessä, esim. jonkin asteisen enakkosuunnittelun muodossa se kuuluu jokaisen velvollisuuksiin. Eräänä kriteerinä voisikin olla, että ennaltaehkäiseviin kustannuksiin lasketaan vain ne kustannustekijät, joilla voidaan osoittaa olevan selvä vaikutus muihin ryhmiin.
9. Laatukustannukset ovat hyödyllinen työvälineen ylimmälle johdolle sekä keskijohdolle. Muille on oleellisempaa saada konkreettinen palaute tehdäänkö hyvää työtä vai ei ja puhua virheistä tai virheettömyydestä eikä markoista.

#### 4.3.1 Paretoanalyysi

Merkittävimpien laatukustannusten määrittämiseen voidaan käyttää paretoanalyysiä.

Pareto-analyysi on vuonna 1897 esitetty malli, jota käytetään kehityskohteiden etsimiseen ja tärkeiden asioiden erottelamiseen muista kohteista. Käyttökohteita ovat muun muassa virheiden luokittelu. Pareto-analyysissä virheet voidaan järjestää niiden absoluuttisen määrän, virhekustannusten kertymän tai yksittäisen virheen kustannuksen mukaan alenevaan järjestykseen, jolloin pystytään näkemään

yleisemmin esiintyvät, eniten kustannuksia aiheuttavat ja erityisen kalliit virheet. Pareto-analyysiin tulee aina liittää kumulatiivinen luokkakertymä-käyrä, jonka avulla havainnollistetaan virheiden keskittymistä. Paretoanalyysiin voidaan liittää myös 80/20-sääntö, jonka mukaan 20 % virheluokista aiheuttaa 80 % kustannuksista (kuva 6). (Paajanen et. al. 1996)



Kuva 6. Virhekustannusten pareto-analyysi 80/20-säännöllä

#### 4.4 Aikaisempia tutkimuksia

Laatukustannusten suuruus on useimmissa yrityksissä pidetty salaisuutena, niinpä tarkkoja tietoja laatukustannusten keskimääräisestä suuruudesta ei voida sanoa. Eri lähteissä laatukustannusten keskimääräinen osuus yritysten liikevaihdesta vaihtelee suuressi. Erään 1985 Yhdysvalloissa tehdyn tutkimuksen mukaan laatukustannukset ovat keskimäärin 10...20 % yrityksen liikevaihdesta. (Dale & Oakland 1991) Erään toisen tutkimuksen mukaan laatukustannukset vaihtelevat 5



%-ista 25 %:iin. (Dale & Plunkett 1991) Jaehnin (1989) mukaan teollisuusyrityksen laatukustannukset ovat yleensä selvästi yli 10 % liikevaihdosta laatukustannusohjelman ollessa aluillaan. Yrityksissä, joissa laatukustannuksia on seurattu jo muutamia vuosia, laatukustannukset ovat keskimäärin 5,8 % liikevaihdosta. Taulukossa 3 on esitetty Jaehnin tarkastelemien yritysten laatukustannusten jakautuminen neljään pääryhmään.

Taulukko 4. Laatukustannusten jakautuminen teollisuusyrityksissä (Jaehn 1989)

	% liikevaihdosta
Ennaltaehkäisevä toiminta	0,6
Valvontakustannukset	1,5
Sisäiset virhekustannukset	2,5
Ulkoiset virhekustannukset	1,2
<b>Laatukustannukset yhteensä</b>	<b>5,8</b>

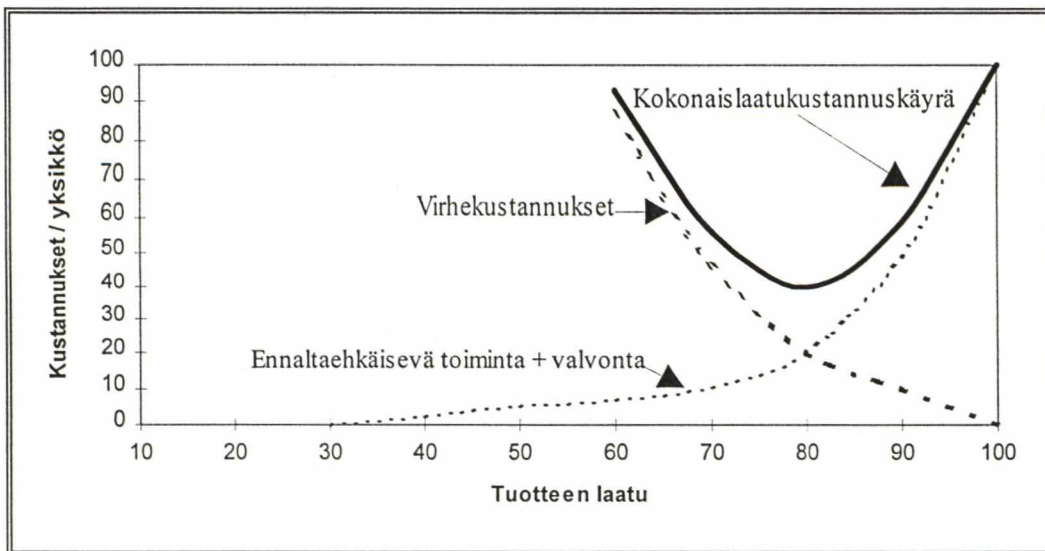
Vaikka ensimmäiset maininnat laatukustannuksista ovat Yhdysvalloista jo 1950-luvun alusta (Lundvall 1974; Campanella 1990), on suomalaisissa yrityksissä ryhdytty kiinnittämään laatukustannuksiin huomiota vasta viime vuosina. Useissa yrityksissä laatukustannusten seurannasta on kuitenkin luovuttu vaikeuksien vuoksi. Esimerkiksi Posti PT antoi periksi huomattuaan kuinka vaikeata ja monimutkaista laskenta on. Heidän mukaansa rajanveto eri kustannuslajien välillä on mahdotonta ja koko laskenta on vain suuri ja vetinen suo, jolle ei kannata astua. (Jauhiainen 1996) UPM-Kymmene konserniin kuuluvassa Scauman Wood Oy:ssä laatukustannuksia on seurattu jo useamman vuoden ajan. (Heikkilä 1996) Lisäksi joillakin suomalaisilla sahoilla on alettu kiinnittämään huomiota laatukustannuksiin. Yhtyneet Sahat Oy:n Wisatimberin sahalla on laatukustannus-projekti ollut vireillä jo vuoden verran.

Erään amerikkalaisen tutkimuksen mukaan 33 % yrityksistä laskee laatukustannuksia. Lisäksi 40 % uskoo, että laatukustannusten tietäminen on hyödyllistä.



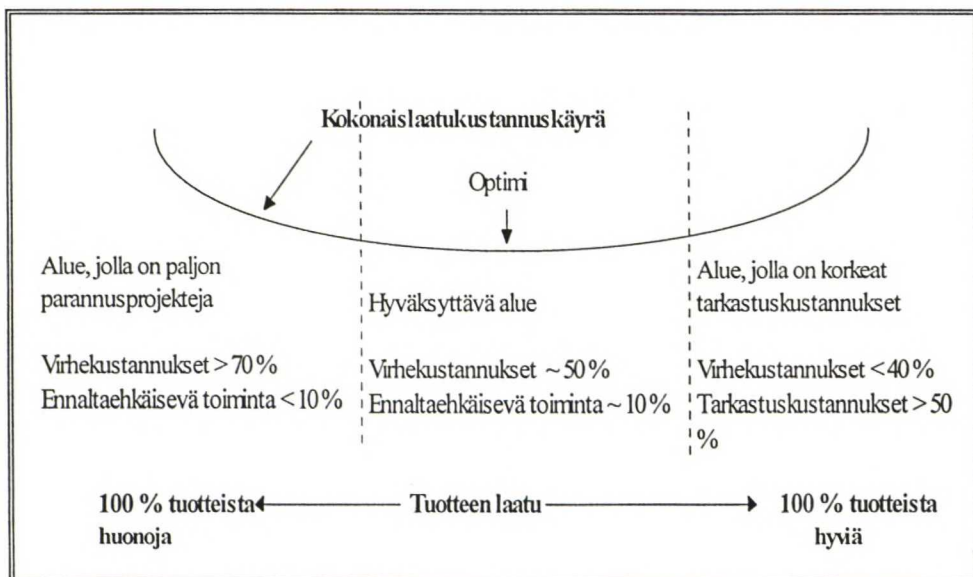
Tutkituissa yrityksissä laatukustannukset olivat 6...10 % liikevaihdosta. (Quality Progress 1996)

Laatukustannuksista on kehitetty matemaattisia malleja, joista yleisimmin esiintyy kuvan 7 kaltainen malli. Kuvasta voidaan havaita, että tarkastus- ja ehkäisykustannuksia lisäämällä voidaan vähentää virhekustannuksia. Mallin mukaan virhekustannusten poistaminen kokonaan ei ole kannattavaa. Kokonaiskustannukset ovat optimissaan, kun tarkastus- ja ehkäisykustannuksien ja virhekustannusten suhde on oikea.



Kuva 7. Laatukustannusten jakautuminen matemaattisen mallin mukaisesti (Juran et. al. 1993)

Kuvan 7 Kokonaislaatukustannuskäyrä voidaan jakaa kuvan 8 mukaisesti kolmeen osaan.



Kuva 8. Kokonaiskustannuskäyrän alueet (Juran et. al. 1993)

Kuvan vasemman puoleinen alue on alue, jolta yleensä löydetään paljon laatukustannusten alentamisprojekteja. Panostamalla ennaltaehkäisevään toimintaan saadaan virhekustannukset ja siten myös kokonaislaatukustannukset laskemaan.

Kuvan keskialue on alue, jolla tilanne on ideaali. Ideaalitilanteessa ei ole syytä muuttaa olemassa olevia ennaltaehkäisy- ja tarkastusmalleja, vaan on keskityttävä tilanteen tarkkailuun. Mikäli tässä tilanteessa panostettaisiin ennaltaehkäisevään toimintaan kokonaislaatukustannukset nousisivat.

Kuvan oikeanpuoleinen alue on alue, jossa ennaltaehkäisevän toiminnan ja valvonnan kustannukset ovat nousseet liian korkeiksi. Vähentämällä em. kustannuksia virhekustannukset nousevat jonkun verran, mutta kokonaiskustannukset kasvavat. Tämä tilanne on erittäin harvinainen reaali maailmassa.

## 4.5 Laatukustannustietojen raportoiminen ja hyväksikäyttö

### 4.5.1 Syyt keräämiseen

Laatukustannustietojen keräämisen tärkein syy on kustannusten vähentäminen. Laatukustannuksia pidetään myös kaikkein tehokkainpana laadunjohtamistyökaluna (Kumar et. al. 1995) Lisäksi laatukustannustietojen kerääminen (Lipponen 1988) (Juran et. al. 1993):

1. mahdollistaa johtamistyön ja suorittavan työn yhteisen mittarin.
2. auttaa tiedostamaan, että laatu on kehitystyön keskeinen mittari.
3. auttaa parantamaan keskijohdon ja ylemmän johdon kommunikointia mahdollistamalla johdon ja suorittavan portaan samantyyppisen suhtautumisen tuottoihin, kustannuksiin ja sitä kautta toiminnan tulokseen.
4. on laadun johtamisperustan signaali.
5. saa aikaan laadun paranemisen ja sitä kautta kokonaislaatuvarmuuden - laatu sisällytettynä prosessiin - sekä oivalluksen, että kukin on vastuussa oman työnsä laadusta.
6. auttaa lisäämään asiakastyytyväisyyttä.

Yleisesti laatukustannuksia aiheuttavat seuraavat syyt (Suomen Laadunvarmistus ry. 1977)

- ♦ sopimattomat laatuvaatimukset
- ♦ koneet, joiden tarkkuus ei ole riittävä
- ♦ puutteellinen yhteistyö laatutoiminnoissa
- ♦ ostettujen tuotteiden ja osien huono laatutaso

- ♦ tarkastuksen huono suunnittelu
- ♦ ammattitaidoton henkilökunta
- ♦ puutteellinen kokonaissuunnittelu.

#### 4.7.2 Raportointi

Laatukustannukset voidaan ilmoittaa usealla tavalla. Yleisimpiä ovat (Juran et. al. 1993):

- ♦ Laatukustannukset prosentteina myynnistä.
- ♦ Laatukustannukset prosentteina voittosta.
- ♦ Laatukustannukset prosentteina osakepääomasta.
- ♦ Laatukustannukset prosentteina myytyjen tuotteiden kustannuksista.
- ♦ Laatukustannukset prosentteina kokonaistuotantokustannuksista.
- ♦ Laatukustannusten vaikutus kriittiseen pisteeseen.

Laatukustannusten sopivin raportointitapa riippuu yrityksen raportointikulttuurista ja henkilöistä, joille kyseinen raportti on tarkoitettu. Kaikkien raporttien tulee olla selkeitä, mieluiten graafisessa muodossa. (Suomen Laadunvarmistusyhdistys ry. 1977)

Yritysjohdolle tarkoitetuissa raporteissa informaation leveyden tulee olla suuri ja syvyyden pieni. Raporteissa tulee olla laatukustannukset neljään pääryhmään jaetuna sekä niiden suuruus. Laatukustannukset tulee jakaa paitsi osastoittain myös tuoteryhmittäin. Kustannukset on hyvä ilmoittaa sekä markkoina, että prosentteina esimerkiksi edellisvuosien tuloksesta tai liikevaihdosta. (Suomen Laadunvarmistusyhdistys ry. 1977)



Tehtaan johdon raporteissa tulee lisäksi olla tieto siitä, miten laatukustannukset jakautuvat tuotteittain ja mitkä virheet aiheuttavat suurimmat kustannukset ja toistuvat useimmin. (Suomen Laadunvarmistusyhdistys ry. 1977)

Työnjohdon raporttien on keskityttävä kunkin oman osaston sisäisiin virhekustannuksiin. Jotta työnjohto pystyy vaikuttamaan kustannuksiin, on raporteissa oltava virheiden suuruus ja syyt. Laatukustannukset on hyvä esittää verrattuna välittömiin palkkoihin. (Suomen Laadunvarmistusyhdistys ry. 1977)

Työntekijöille tarkoitettujen raporttien päätarkoitus on valistus ja ohjaus. Raportit voi esittää esimerkiksi osastolle sijoitetuissa tauluissa. Työntekijöille raportointi on käytännössä osoittautunut erittäin hedelmälliseksi ja vaikuttanut myönteisesti laatutietouden kohoamiseen. (Suomen Laadunvarmistusyhdistys ry. 1977)

#### *4.7.3 Jatkotoimet ja aikaisempia tuloksia*

Laatukustannusten seurannasta ei ole hyötyä, jos niistä ei seuraa jatkotoimia. Jatko toimiin ei luonnollisesti ole syytä ryhtyä, jos laatukustannukset ovat jo optimissa. Sallittavana tasona laatukustannuksissa voidaan pitää seuraavaa (Crosby 1985):

1. Virhekustannukset ovat optimissa, kun ei voida löytää kannattavaa projektia niiden pienentämiseksi.
2. Tarkastuskustannukset ovat optimissa, kun
  - a) virhekustannukset ovat optimissa.
  - b) ei voida löytää kannattavia projekteja tarkastuskustannusten alentamiseksi.
  - c) hyvät työtavat ja standardit tarkastamiseen on kehitetty ja sää-  
vutettu.

### 3. Ehkäisykustannukset ovat optimissaan, kun

- d) useimmat ehkäisykustannukset syntyvät hyväksytyissä kehitysprojeekteissa.
- e) ehkäisytyö on ollut kehitystyön kohteena.
- f) ehkäisykustannukset, jotka eivät kuulu hyväksytyihin kehitysprojekteihin kontrolloidaan budjetein.

Laatukustannustietojen tehokas hyväksikäyttö edellyttää (Suomen Laadunvarmistusyhdistys ry. 1977):

1. Kerättyjen tietojen paikkaansapitävyyttä.
2. Tietojen keruun on tapahduttava oikeista kohteista.
3. Tietojen keruu on helppoa.
4. Tiedot saadaan nopeasti.

Laatukustannustietojen pohjalta tehtäville jatkotoimille on syytä asettaa selkeä tavoite. Tavoitteena on löytää optimi laatukustannuksille, ei täysin virheetöntä tuotetta. Laatukustannusprojektissa kannattaa ensin korjata eniten ylimääräisiä kustannuksia aiheuttavat kohteet sekä kohteet, joissa voidaan varmasti saavuttaa hyviä tuloksia. (Suomen Laadunvarmistusyhdistys ry. 1977)

Laatukustannusohjelma on suunniteltava huolellisesti ennen sen aloitusta. Projektilla on oltava yritysjohton hyväksyntä ja sitoumus pitkäjänteiseen työhön, jotta toimintaedellytykset ovat olemassa ohjelman läpiviemiseksi. Projektisuunnitelman on oltava yksityiskohtainen etenemisvaiheittain ja sillä on oltava aikataulu. (Suomen Laadunvarmistusyhdistys ry. 1977)

Laatukustannusohjelman aikajänteen on oltava riittävän pitkä, jotta korjaustoimenpiteistä ja ehkäisevistä toimenpiteistä johtuvat säästöt voidaan tunnistaa. Suunnitelmien on oltava realistisia, ettei koko ohjelma tule epäilyttäväksi lyhytai-

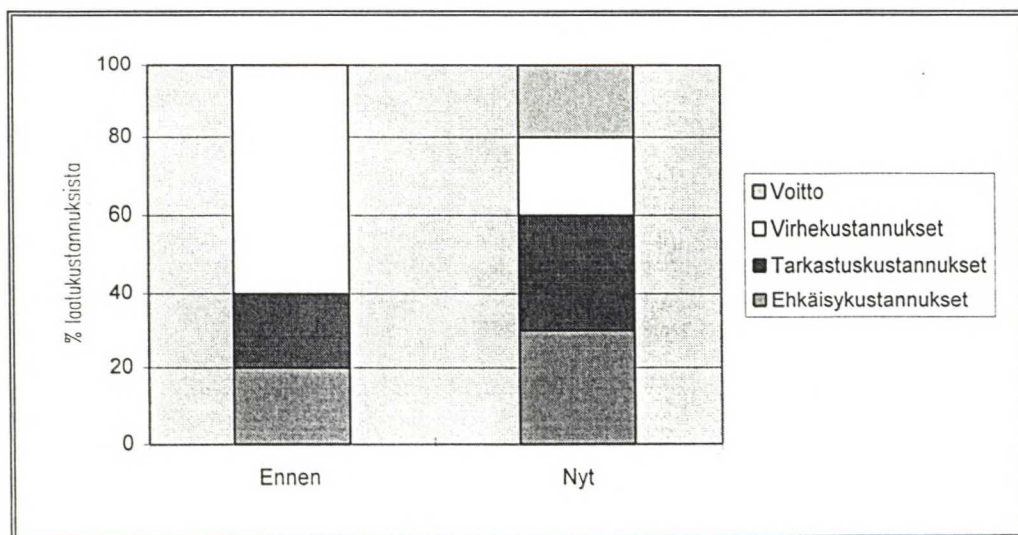
kaisten selvittämättömien häiriöiden takia. (Suomen Laadunvarmistusyhdistys ry. 1977)

Laatukustannusprojektit on aluksi rajattava alueille, joissa laatukustannukset on jo mitattu tai voidaan mitata helposti. Tämä tekee mahdolliseksi nopean tiedonkeruun muutostoimenpiteitä varten. Uusien laatukustannuselementtien mukaanottoa on harkittava huolellisesti. (Suomen Laadunvarmistusyhdistys ry. 1977)

Laatukustannusprojektien saavutukset ovat hyvin samanlaisia eri yrityksissä. Yleisimmät muutokset aikaisempaan ovat (Hellman 1995):

1. Virheiden ehkäisykustannukset ja tarkastamiskustannukset lisääntyvät.
2. Virhekustannukset pienenevät.
3. Tulos/kannattavuus paranee.

Kun laatukustannusprojektit ovat kestäneet yhden vuoden, on tilanne yleensä kuvan 9 kaltainen. Kuvasta voidaan nähdä, että ehkäisy- ja tarkastuskustannukset ovat nousseet ja virhekustannukset pienentyneet. Kokonaislaatukustannukset ovat pienentyneet 20 %.



Kuva 9. Tilanne, kun laatukustannusprojekti on kestänyt vuoden. (Hellman 1995)

Tanskalaisessa Millikenissä on seurattu laatukustannuksia vuodesta 1984. Vuoteen 1991 mennessä laatukustannukset oli saatu pienenemään 7 %:iin alkuperäisistä. Tämä tarkoittaa Millikenin kokoisessa yrityksessä 5,4 miljoonan Tanskan kruunun vuosittaista säästöä. Motorolan laatukustannusohjelma oli vuonna 1990 tuonut 750 miljoonan dollarin säästöt ja vuosina 1986-1990 säästöjä oli kertynyt 1 500 miljoonaa dollaria. (Dahlgård 1996)

Eräässä amerikkalaisessa yrityksessä sisäisten virhekustannusten suuruus oli 8 % tuotannon arvosta. Kahdessa vuodessa sisäiset virhekustannukset saatiin alenemaan 5 %:iin tuotannon arvosta. (Lloyd-Kimbel 1990)

Laatukustannusten selvittämisellä on merkittävä vaikutus yrityksen toimintaan. Määrittämällä suurimmat laatukustannuspaikat pystytään jäljittämään kohteet, joiden parantamisella yrityksen menot pienenevät ja tulos paranee.



## 5 LAATUKUSTANNUSTEN SELVITTÄMINEN

### 5.1 Yleistä

Tutkimuksen kokeellisessa osassa laatukustannuspaikkoja selvitettiin haastattelemalla eri toiminnoista vastaavia henkilöitä. Näin saatiin rajattua toiminnot, joissa laatukustannuksia esiintyy.

Virheellisestä toiminnosta aiheutuvan laatukustannuksen suuruuden selvittämiseen on määritetty tapa, jolla kyseisen virheen aiheuttama laatukustannus saadaan parhaiten ja yksinkertaisimmin selville. Koska tässä tutkimuksessa on tarkoitus selvittää ainoastaan merkittävät laatukustannukset, on muutamien tuhansien markkojen vuosittainen laatukustannus jätetty laskematta.

Tutkimuksessa suurin osa asioista on selvitetty haastattelemalla kyseisen sahan ammattitaitoista työvoimaa. Lisäksi joitain tietoja on saatu sahan tietojärjestelmistä sekä joistakin sisäisistä raporteista. Haastatteluin on selvitetty sahan nykyisen tilanteen eli vuoden 1996 kustannuksia. Lisäksi on jossain määrin tarkasteltu vuoden 1995 tilannetta.

Tutkimuksessa laatukustannukset on jaettu positiivisiin ja negatiivisiin laatukustannuksiin. Positiivisiin kustannuksiin kuuluvat ennaltaehkäisevän toiminnan ja valvonnan kustannukset ja negatiivisiin sisäiset ja ulkoiset virhekustannukset.

### 5.2 Ennalta ehkäisevän toiminnan ja valvonnan kustannusten laskeminen

Kaukaan sahan ennaltaehkäisevän toiminnan kustannuksiksi lasketaan laatujärjestelmän ylläpitokustannukset, sisäiset, ulkoiset sekä toimittaja-auditoinnit, koulutus sekä asiakastyytyväisyyskyselyn kustannukset. Lisäksi ennalta ehkäisevän toiminnan kustannuksiksi on laskettu osa huolto- ja korjauskustannuksista.

Laadunvalvonnan kustannuksia ovat laadunvalvontaryhmän palkat sekä mittalaitteiden kalibroinnin suorittavien henkilöiden palkat.

### 5.3 Ulkoisten virhekustannusten laskeminen

Ulkoisia virhekustannuksia ovat asiakasreklamaatioiden takia maksetut korvaukset ja hinnanalennukset sekä reklamaatioiden käsittelyyn kulunut työaika. Ulkoiisiin virhekustannuksiin lasketaan myös hakkeen hinnan alennukset sekä mahdollinen hinnan alennus niistä keskipituusvaatimuksista, joita ei pystytty täyttämään.

#### REKLAMAATIOT

Tässä työssä on tarkasteltu reklamaatiosta maksettujen korvausten kehittymistä syyryhmittäin vuosilta 1993 - 1996. Reklamaatioista on otettu huomioon ainoastaan tuotteen laatuun ja toimitusisältöön liittyvät reklamaatiot. Markkinoinnin, varastoinnin ja logistiikan aiheuttamat reklamaatiot on kerätty Helsingin yliopiston Metsäekonomian laitoksella tehtyyn opinnäytetyöhön. Reklamaatioiden kustannus on laskettu vuosien 1993-1996 maksettujen reklamaatioiden keskiarvona, jotta niin sanottujen suhdannereklamaatioiden vaikutus olisi mahdollisimman pieni. Koska vuodelta 1996 on ollut käytettävissä ainoastaan vuoden ensimmäisen puoliskon tiedot, on kyseisen vuoden arvot saatu kertomalla alkuvuoden 1996 maksettujen reklamaatioiden summa kahdella.

Lisäksi on selvitetty reklamaatioiden käsittelyyn käytetty aika eri osastoilla sekä reklamaatioiden tarkastamiseen käytetyt matkakulut. Reklamaatioiden käsittelyyn käytetty aika on kerrottu keskimääräisellä tuntipalkalla sosiaalikustannuksineen, jotta laatukustannusten suuruus on saatu selvitettyä.

#### KESKIPITUUSVAATEET

Asiakkaat asettavat sahatavaralle pituusvaatimuksia. Pituusvaatimukset voivat aiheuttaa sahoille ongelmia silloin, kun asiakkaalle toimitettu erä ei vastaa sahan normaalia pituusjakaumaa tai asiakkaan kanssa on kaupanteon yhteydessä sovittu tarkat määrät eri pituuksille. Pituusvaatimuksista aiheutuva laatukustannus muodostuu myynnin menetyksistä sekä hinnan alennuksista, silloin kun sahalla ei ole ollut asiakkaan pyytämiä pituuksia.

Koska pituusvaatimuksista aiheutuvaa laatukustannusta on vaikea mitata markoissa, on tuloksissa selvitetty nykytilannetta ja asiakkaiden asettamien pituusvaatimusten merkitystä tulevaisuudessa.

#### HAKKEEN LAATUARVOT

Tässä tutkimuksessa hakkeen laatukustannuksena on tarkasteltu hakkeen laatuarvon poikkeamaa tavoitearvosta. Laatuarvon poikkeamaan tavoitteesta vaikuttavat lähinnä hakkeen kuoripitoisuus, hakepalan pituus, hakkureiden terähuolto sekä kuivan hakkeen huono laatu.

Hakkeessa sallitaan 1 % kuorta, jos prosenttiosuus ylittyy, laatuarvo putoaa. Sahalla käytössä olevilla 1-roottorikuorimakoneilla pystytään optimitalanteessa pääsemään 0,2 - 0,4 %:n kuoripitoisuuteen. Ongelmia kuoripitoisuuden suhteen aiheuttavat talviolosuhteet. Jäinen kuori irtoaa huonommin ja tukkeihin jää kuorta. Kovilla pakkasilla erityisesti kuusihakkeen kuoripitoisuus saattaa nousta jopa 2 %:iin.

Hakepalan pituuteen vaikuttaa pelkkahakkurin nopeus suhteessa tukin syöttönopeuteen. Suuria tukkeja sahattaessa sahataan normaalia hitaammalla nopeudella. Tällöin myös pelkkahakkurin nopeutta pitää laskea, jotta hakkeen pituus pysyy tarpeeksi pitkänä. Pelkkahakkurin nopeuden laskeminen kuitenkin huonontaa sahatavaran pinnan laatua, joten pelkkahakkurin nopeutta ei voi nykytilanteessa alentaa.

Kuivaa haketta on noin 1/15 osa koko hakkeen määrästä. Kuiva hake siirretään sellutehtaalle aina isommissa erissä noin kahden viikon välein. Kuivan hakkeen laatuarvo on noin 90. Se aiheuttaa siis merkittävän hakkeen laatuarvon aleneman.

Laskettaessa hakkeen laadusta aiheutuvaa laatukustannusta on tarkasteltu hakkeen laatuarvon kehitystä tammi - syyskuun välisen ajan kuukausittaisena keskiarvona. Taulukossa 4 on esitetty hakkeen laatuarvon kehittyminen 1996 toukokuusta mar-



raskuuhun. Laatuarvon kehittymistä pidemmältä ajalta ei yhtiön fuusiossa muutuneiden tietojärjestelmien takia voida selvittää aikaisemmilta kuukausilta.

Taulukko 5. Hakkeen laatuarvon ja kuoriosuuden kehittyminen

Kuukausi	Kuusihake		Mäntyhake	
	Laatuarvo	Kuori-%	Laatuarvo	Kuori-%
Toukokuu	-	-	107,33	0,4
Kesäkuu	-	-	107,40	0,3
Elokuu	107,95	0,3	108,19	0,2
Syyskuu	-	-	108,28	0,4
Lokakuu	107,04	0,7	107,35	0,4
Marraskuu	111,07	0,6	107,21	0,3

#### 5.4 Sisäisten virhekustannusten määrittäminen

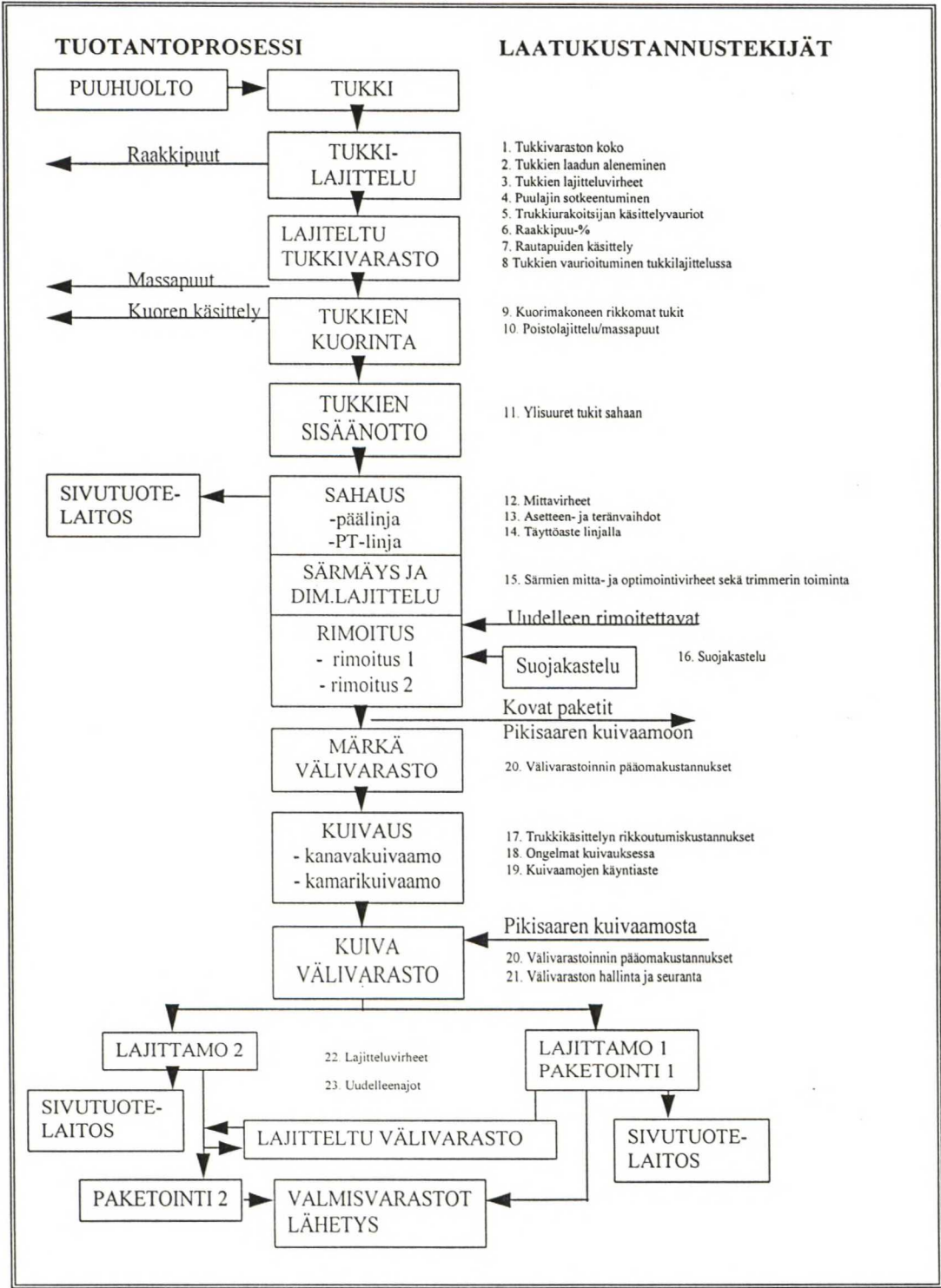
Sisäisiä virhekustannuksia ovat kaikki ne sahan toiminnan virheet, jotka havaitaan ennen toimitusta asiakkaalle. Sisäisiä virhekustannuksia on selvitetty lähinnä haastattelemalla, joissakin tapauksissa on pystytty käyttämään hyväksi valmiita raportteja. Kaikissa tapauksissa laatuksustannuksen suuruutta ei pystytä määrittämään. Tällaisissa tapauksissa tilannetta on pyritty selvittämään sanallisesti.

##### 5.4.1 Tuotantoprosessi ja virhekustannuspaikat

Kuvassa 10 on esitetty sahan tuotantoprosessi kaaviona. Kaavioon on merkitty tarkasteltujen virhelähteiden sijainti prosessissa.

Kappaleissa 5.4.2 *Tukkilajittelu* - 5.4.7 *Muut* on selvitetty osastoittain sisäisten virhekustannusten laskemis- ja määrittämisperusteita.





### 5.4.2 Tukkilajittelu

#### TOIMINNON KUVAAUS

Tukit tuodaan tehdasalueelle autoilla ja junilla. Tukkien ajo sahalle pyritään aika-tauluttamaan siten, että lajittelematon tukkivarasto olisi mahdollisimman pieni. Autoista ja junista tukit siirretään maahan välivarastoon tai tukkilajittelijan tukkipöydälle. Kaikki tukkien siirrot tukkilajittelun ja kuorimon alueella hoitaa truckiurakoitsija, tarvittaessa käytetään lisäksi tulossyksikön kuljetuspalveluja.

Sahalla on käytössä Nordautomationin vuonna 1994 toimittama tukkilajittelulinja, jossa lajitellaan vuodessa noin 4 miljoonaa tukkia 70 lokeroon. Lajiteltavien tukkien maksimipituus on 608 cm ja -halkaisija 45 cm. Tukkilajittelussa työskentelee kerrallaan ainoastaan yksi työntekijä, lajittelija. Tukit tulevat lajittelijan silmien eteen lajittelijan määräämässä tahdissa yksi tukki kerrallaan. Lajittelija antaa tukille laadun: A, B, C tai raakki. Lasertekniikkaan perustuva mittausjärjestelmä mittaa tukin latvaläpimitan ja pituuden sekä määrittää oikean lokeron tukille. Nykyisellä tukkilajittelulaitoksella voidaan suorittaa myös eräkohtaista tukkien tehdasmittausta. Tukki kulkee myös metallinilmaisimen läpi, jolloin rautaa sisältävät puut saadaan eroteltua.

Tukit lajitellaan lokeroon laadun ja koon mukaan, raakkitukit omaan lokeroonsa. Ne tukit, jotka ovat liian pitkiä, joiden latvaläpimitta on liian suuri tai jotka sisältävät rautaa käsitellään uudestaan. Uudelleenkäsiteltävät tukit lajitellaan virhetypin mukaan omaan lokeroonsa. Uudelleenkäsitely hoidetaan kerran viikossa. Liian pitkät tukit sahataan sopivaan mittaan ja ylisuuret lähetetään saman konsernin toiselle sahalle, kun niitä on kertynyt tarpeeksi. Tukkilajittelussa ja kuorimolla erotetut rautapuut tarkastetaan ja kaikki metsäosaston laput niitteineen poistetaan tukkien päistä. Tarkastetut rautapuut sekä lyhennetyt tukit lajitellaan uudestaan. Jos tukki edelleen tippuu rautapuulokeroon, se määritellään raakiksi. Raakkipuut myydään tehdasalueen ulkopuolelle.

Tukki kulkee kolakuljettimella oman taskunsa kohdalle ja potkaisija työntää sen lokeroonsa. Potkaisija saattaa jättää viiltojäljen, joka ulottuu kuoren läpi puuainekseen saakka. Joskus tukki putoaa taskuunsa pystyasennossa ja katkeaa seuraavan tukin tullessa samaan lokeroon mikäli trukinkuljettaja ei ole oikaissut tukin asentoa.

Kun lokero täyttyy, tukit siirretään tukkikentälle oman lokeronsa kohdalle välivarastoon. Tilan ahtauden ja toimintatavan vuoksi välivarasto toimii LIFO-periaatteella, joka aiheuttaa joidenkin tukkien erittäin pitkän varastointiajan. Tukkivaraston koko vaihtelee päivittäin ja viikoittain suuresti. Tukkilajittelun puutteellisen raportoinnin takia tukkivaraston koon vaihtelua ei voi tarkkaan selvittää. Tässä tutkimuksessa tukkivarastolla tarkoitetaan lajittelemattomia ja lajiteltuja lokeroissa ja kentällä olevia tukkeja sekä vesivarastossa olevia lajiteltuja tukkeja.

Kesäaikana tukkeja pyritään kastelulla pitämään kosteina, jotta vältettäisiin mikro-organismeille, kuten sinistäjäsiemenille, ihanteelliset olosuhteet. Tukkeja kastellaan makrovedellä eli järvivedellä, josta on puhdistettu makroskooppiset epäpuhtaudet. Tukkien kastelu hoidetaan sprinklerijärjestelmällä, jonka toimintaa ohjataan käsin siten, että sadepäivinä ei kastella.

## LAATUKUSTANNUSTEKIJÄT TUKKILAJITTELUSSA

### TUKKIVARASTON KOKO

Liian suuresta tukkivarastosta syntyy ylimääräisiä pääomakustannuksia. Pääomakustannusta voidaan arvioida selvittämällä tukkivaraston keskimääräinen koko verrattuna optimaaliseen tukkivarastoon. Taulukossa 5 on esitetty tukkivaraston keskimääräinen koko vuosina 1995-1996 niiden raportoitujen viikkojen arvoista. Taulukossa esitetty tukkivaraston koko on arvio perustuotannon viikkoraportista.



Taulukko 6. Tukkivaraston keskimääräinen koko kuukausittain vuosina 1995-1996

1995	1996
50 000 kpl	60 000 kpl

Optimaalinen tukkivarasto selvitetään haastatteleamalla tuotannossa eri henkilöitä. Optimaalisena tukkivarastona pidetään sellaista varaston tasoa, joka täyttää seuraavat kriteerit:

1. Tukit mahtuvat hyvin tukkikentälle, eikä niiden siirtäminen lokerosta maavarastoon tai maavarastosta eteenpäin aiheuta ongelmia.
2. Tukkeja on riittävästi, jotta kutakin tukkiluokkaa on riittävästi pitkien sahauserien sahaamiseen. Sahauserän suuruus vaikuttaa merkittävästi tuotantokustannuksiin.
3. Tukkeja on mahdollisimman vähän, jotta niistä aiheutuva pääomakustannus on mahdollisimman pieni.

Sitoutuneelle pääomalle lasketaan 8,5 %:n vuotuinen korko, jota käytetään konsernin sisäisissä vaihtoehtolaskelmissa. Liian suuren tukkivaraston aiheuttama kustannus saadaan laskettua kaavalla 1.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus liian suuresta tukkivarastosta} = & \text{ylimääräisten tukkien määrä (kpl)} * \text{muuntokerroin kuutioiksi} \\ & (\text{m}^3/\text{kpl}) * \text{tukin hinta (mk/m}^3) * 0,085 \end{aligned} \quad (1)$$

Liian pieni tukkivarasto aiheuttaa sahauserien pienenemisen ja sitä kautta kustannuksia. Sahauserien koon kustannusvaikutuksia on arvioitu esimerkin avulla. Esimerkissä on laskettu kustannukset 6000 m<sup>3</sup>:n sahaamiselle yhdessä erässä sekä saman määrän sahaamiselle kolmessa erässä. Esimerkki on esitetty kappaleessa *Sahauserän koon vaikutus tuotantokustannuksiin*.



## TUKKIEN LAADUN ALENEMINEN

Kun tukkeja joudutaan varastoimaan pitkiä aikoja niiden laatu alenee. Laadun alenemisen aiheuttavat kesäaikaan tukin sinistäjä sienet ja muut mikro-organismit, ja kuivumisesta aiheutuva tukin päiden halkeilu. Päiden halkeilun on sahan tutkimuksissa todettu ulottuvan vain 3-5 cm:ä tukin päästä, joten halkeilleet päät mahtuvat tukin tasausvaran sisälle eikä näin ollen aiheuta kustannuksia nykytilanteessa. Tukin tasausvaran riittävyyttä ei ole tämän tutkimuksen yhteydessä tarkasteltu. Aiheesta on valmistunut Risto Sandbergin Suomen Puututkimukselle tekemä diplomityö. Tukin nykyinen tasausvara on 10 cm.

Muita laatua alentavia vaurioita ovat erilaiset tukkien kuljetusvauriot. Koska tässä tutkimuksessa tarkastellaan ainoastaan sahan porttien sisäpuolista toimintaa, ovat sahalla tapahtuvien tukkien siirtojen aiheuttamat vauriot hyvin pieni osuus verrattuna tukin metsäkuljetuksien aiheuttamiin vaurioihin. Niinpä sahan sisällä tapahtuvat tukkien kuljetusvaurioiden aiheuttamat kustannukset onkin mahdotonta erottaa muiden kuljetusvaurioiden aiheuttamista kustannuksista. Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu ainoastaan kesällä ilman kastelua tapahtuvaa mahdollista tukkisinisen aiheuttamaa laadun alenemista. Tukkisinistä voidaan ehkäistä tukkien kastelulla sekä varastojen mahdollisimman pienenä pitämiselle kesäaikaan.

Laadun alenemista on arvioitu laskemalla kesäkuukausina sinistyvien tukkien määrä sekä niistä saatavan sahatavaran hinta normaalikuntoisista tukeista saatavan sahatavaran hintaan verrattuna.

Jos kuivana kesänä tukkeja ei kastella, on todettu, että noin 20 % tukeista sinistyy. (Laaksonen 1996) Sinistäjä sienet pääsevät vaurioittamaan tukkia niille suotuisissa kosteus- ja lämpöoloissa kohdista, joista kuori on irronnut. Kuori saattaa irrota tukeista metsässä harvesterin käsittelyssä tai tukkien kuljetuksissa ja siirroissa. Normaalikuntoisista tukeista kotimaan sekstaa syntyy 2-3 %, sinistyneistä tukeista kotimaan sekstan osuus on 20-30 % (laskelmissa erotuksen arvioidaan olevan 20 %). Sinistymisestä syntyvä laatu-kustannus saadaan laskettua kaavalla 2.

$$\begin{aligned}
 & \text{Sinistymisestä aiheutuva laatukustannus} = \text{kesäkuukausina} \quad (2) \\
 & \text{käytetyt tukit } (m^3) * 0,20 * 0,20 * (1/\text{käyttösuhde}) * \\
 & (\text{sahatavaran keskihinta } (mk/m^3) - \text{kotimaan sekstan hinta} \\
 & (mk/m^3))
 \end{aligned}$$

Tukkien sinistymistä ehkäisevä kustannus on tukkien kastelun kustannus. Kaste-  
lun kustannus saadaan selvittämällä tukkien kasteluun käytettävän veden määrä ja  
hintaa, pumpun kuluttaman sähkön hinta sekä kasteluputkiston ylläpitokustannuk-  
set.

### TUKKIEN LAJITTELUVIRHEET

Tukkien lajitteluvirheellä tarkoitetaan tukin latvaläpimitan, pituuden, laatuluokan  
tai puulajin virheellistä määrittämistä. Tukkien lajitteluvirheet voidaan jakaa lajit-  
telijan ja automatiikan tekemiin virheisiin. Nykytilanteessa kaikista tukkilaaduista  
maksetaan sama tehdashinta ja kun A- ja B-luokan tukit sahataan samalla asetteel-  
la niin lajittelijan tekemistä virheistä ei koidu merkittäviä välittömiä kustannuksia.  
Puulajin määrittämisessä tapahtuvaa virhettä on lisäksi tarkasteltu kohdassa Puu-  
lajin sotkeentuminen.

Automatiikan tekemästä virheestä aiheutuvaa laatukustannusta on arvioitu selvit-  
tämällä väärin mitattujen tukkien määrä ja arvioimalla niistä aiheutuvaa tappiota.

### PUULAJIN SOTKEUTUMINEN

Puulajin sotkeutumisella tarkoitetaan väärän puulajin joutumista prosessiin. Sot-  
keutuminen tapahtuu yleensä jo metsässä. Sotkeutumisesta aiheutuu kustannuksia  
väärän puulajin tukin päästessä sahauslinjalle saakka. Tällöin sahauslinja joutu-  
taan pysäyttämään ja väärä tukki poistamaan. Kustannusten määrittämiseksi selvi-  
tetään väärin puulajien määrät sekä aika, jonka sahalinja seisoo tukkia poistetta-  
essa.

## TRUKKIURAKOITSIJAN KÄSITTELYVAURIOIT

Trukkiurakoitsijan käsittelyvaurioilla tarkoitetaan kaikkia niitä tukkien vaurioita, joita urakoitsija aiheuttaa tukeille liikutellessaan niitä tukkilajittelun ja kuorimon alueella. Vaurioista aiheutuva kustannus määritetään selvittämällä vaurioituneiden tukkien määrä sekä tukkien vaurion hinta.

### RAAKKIPUU-%

Raakkipuuprosentilla tarkoitetaan sitä osaa sahalle tulevasta tukkisumasta, jota ei voi sahata. Sahan ja metsäosaston sopimuksen mukaan sahalle tulevissa tukeissa metsäraakkia on männyssä korkeintaan 4 % ja kuusessa korkeintaan 5 %. Koska metsäraakki määritellään ankarammin kuin saha määrittää raakkitukit, sahattavien tukkien raakkipuuosuus ei ole näin suuri. Sahalla raakkipuuksi määritellään erittäin pahoin kunto- tai muotovikaiset, liian pienet, liian pitkät tai liian järeät tukit sekä rautapuut. Seuraavassa selvityksessä rautapuu on käsitelty erikseen.

Raakkipuista syntyvä laatukustannus on määritetty selvittämällä, kuinka paljon saha menettää rahaa joutuessaan maksamaan tukkikuutiosta enemmän kuin se saa myydessään ne, kaava 3. Käytetyt hinnat sisältävät tukkien siirtokustannukset.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus sahalle toimitetuista raakkitukeista} = & \quad (3) \\ \text{Raakkitukkien määrä (m}^3\text{/vuosi)} * (\text{sahan maksama tukin hinta} \\ (\text{mk/m}^3) - \text{sahan tukeista saama myyntihinta (mk/m}^3)) \end{aligned}$$

Myytavistä tukeista aiheutuvan laatukustannuksen lisäksi sahattava raakkipuu alentaa arvosaantoa. Taulukossa 7 on esitetty tukkilaaduista I, II, ja III saatavien sahatavarakappaleiden laatujauma. Jo III-luokan tukit ovat 100 %:sesti VI-laatua, joten sahattavan raakkipuun laatujauma on vielä huonompi.

Raakkipuun sahaaminen on markkinatilanteesta riippuva ilmiö. Hyvän hintasuhteen vallitessa (sahatavaran hinta/tukin hinta) kannattaa entistä huonompi tukki sahata erityisesti silloin, kun sahatukeista on pulaa.



Taulukko 7. Esimerkkejä I-, II- ja III-luokan tukeista saatavan sahatavaran laatu-jakaumasta (Lähde: Tero Paajasen sahateollisuusluennot 1996)

	Sahatavaralaatu		
Tukkilaatu	U/S	V	VI
I	65 %	30 %	5 %
II		60 %	40 %
III			100 %

Raakkipuun sahaaminen huonontaa käyttösuhdetta sekä lisää häiriöitä. Tässä tutkimuksessa näiden aiheuttama arvosaannon aleneman, käyttösuhteen pienemisen ja häiriöiden lisääntymisen aiheuttamia laatukustannuksia ei ole tarkemmin arvioitu.

#### RAUTAPUIDEN KÄSITTELY

Rautapuita ovat ne puut, jotka sisältävät metalliesineitä, esimerkiksi nauvoja, niitejä tai sodan aikaisia sirpaleita. Yleisin syy tukin joutumiseksi rautapuuksi on metsäosaston lappujen nastat tukin päissä. Rautapuista syntyy laatukustannuksia samalla periaatteella kuin muistakin raakkitukeista, kaava 3.

Rautapuiden osuutta saadaan pienennettyä poistamalla niistä näkyvät nastat tukkien päistä. Uudelleenkäsittelyn tuoma vuosittainen säästö on laskettu on kaavan 4 avulla.

$$\begin{aligned}
 &\text{Rautapuiden uudelleenkäsittelyn tuoma hyöty} = \quad (4) \\
 &\text{rautapuiden määrä (m}^3\text{/vuosi)} * \text{"pelastettujen osuus"} * \\
 &(\text{sahan maksama hinta (mk/m}^3\text{)} - \text{sellun maksama hinta} \\
 &(\text{mk/m}^3\text{)}) - \text{rautapuiden määrä (m}^3\text{/vuosi)} * \text{uudelleenkäsittelyn} \\
 &\text{kustannukset (mk/m}^3\text{)}
 \end{aligned}$$

#### TUKKIEN VAURIOITUMINEN TUKKILAJITTELUSSA

Tukit vaurioituvat lajittelussa lähinnä potkaisijan veitsen viillosta tai pudotessaan lokeroon väärässä asennossa. Tukkeja kolhiintuu myös jonkin verran tukkikuljet-



timessa ja lokeroon pudotessa. Tukkien vaurioitumisesta aiheutuvaa laatukustannusta on arvioitu selvittämällä vaurioituneiden tukkien määrä sekä vauriosta aiheutuva rahallinen menetys.

### 5.4.3 Kuorimo

#### TOIMINNON KUVAUS

Käytössä olevan kuorimon toiminta on tilapäinen järjestely tukkien käsittelyn investoinnin vaiheittaisesta toteuttamisesta johtuen. Investointi toteutetaan loppuun kesän 1997 aikana.

Tukit siirretään kuorimon tukkipöydälle trukeilla tukkien maavarastosta. Aiemmin lajitellut, eri kokoiset tukit pääsevät sekoittumaan. Erottelupöydältä tukit ajetaan kahdelle kuorimakoneelle. Kuorimakoneet on tarkoitettu pääsääntöisesti eri kokoisille tukeille, toinen pienille ja toinen suurille. Kuorimakoneet ovat Cambio 75-merkkisiä 1-roottorikoneita. Isommille tukeille tarkoitettussa kuorimakoneessa on lisäksi redusioija. Kuorittu tukki ajetaan mittalaitteiston ja metallinilmaisimen läpi. Nämä toiminnot ovat päällekkäisiä tukkilajittelun vastaavien toimintojen kanssa. Tukkilajittelun metallinilmaisimen herkkyyssäädön takia monet rautapuut havaitaan vasta kuorimolla. Lisäksi rautapuun potkaisuun limittäin tulevat tukit saatetaan ajaa rautapuulokeroon, vaikkeivät ne ole rautapuita.

Tukit lajitellaan koon mukaan vesivarastointilokeroihin, rautapuut ja muut raakit erikseen. Kuorimolla vahingoittuneet tukit kerätään yhteen lokeroon ja myydään pääasiassa sellutehtaalle tai polttopuuksi. Raakkipuun käsittelyä kuorimolla kutsutaan poistolajitteluksi ja kuorittuja raakkitukkeja massapuiksi.

Suurin osa kuorinnassa irtoavasta puunkuoresta kuljetetaan puhallinkuljettimella voimalaitokselle poltettavaksi. Veteen joutuva osa kuoresta ruopataan altaan pohjasta ja kuljetetaan kaatopaikalle kuorma-autoilla.

Vesilokeron täytyttyä puut niputetaan. Mikäli tukkeja ei sahata välittömästi, ne siirretään veneellä lokeron viereen odottamaan. Niput kuljetetaan veneellä uitta-

malla tukkikuljettimen alkuun. Tukkinippu avataan ja tukit ohjataan yksitellen tukkilinjalle.

## LAATUKUSTANNUSTEKIJÄT KUORIMOLLA

### KUORIMAKONEEN RIKKOMAT TUKIT

Kuorimakoneella tukit saattavat vaurioitua usealla eri tavalla. Tyypillisimpiä vaurioiden syitä ovat tukkien päiden vaurioituminen, rouhiintuminen. Päiden vaurioituminen johtuu usein kuorimakoneen liian suurista teräpaineista. Erityisesti talvel-  
la jäisen kuoren irrottamiseen käytetään usein liikaa painetta. Kuori irtoaisi pienemmälläkin teräpaineella hitaammin kuorien, mutta koska nopeuden pieneminen vaikuttaa kuorimon tehoihin, on se usein vaikea toteuttaa. Tukkien päiden rouhiintumista aiheuttaa myös tukin ohjautuminen vinossa kuorimakoneeseen.

Tukkien päät rikkoutuvat myös tukkien joutuessa väärään kuorimakoneeseen. Koska kuorimakoneet on tarkoitettu eri kokoisten tukkien kuorimiseen, aiheuttaa väärään koneeseen joutuminen vaurion väärin teräpaineiden vuoksi.

Tukkien päiden vaurioituminen aiheuttaa laatukustannuksia laadun alenemisen myötä. Lisäksi kustannuksia syntyy, kun valmiita sahatavarakappaleita joudutaan lyhentämään vaurioituneiden päiden vuoksi. Sahatavarakappaleiden lyheneminen alentaa keskipituutta ja vaikeuttaa asiakkaiden pituusvaatimusten noudattamista. Keskipituusvaateita on käsitelty erikseen kohdassa *Keskipituusvaateet*. Päiden vaurioitumisesta aiheutuvaa laatukustannusta on arvioitu määrittämällä rouhiintuneiden tukkien määrä sekä rouhiintumisesta aiheutuva sahatavarakappaleiden katkaisu, kaava 5.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus päiden rouhinnasta} &= \text{rouhittujen} \\ \text{tukkien määrä (m}^3\text{/vuosi)} &\cdot \text{rouhinnasta aiheutuvan tukin kat-} \\ \text{kaisun osuus} &\cdot \text{katkaistun sahatavaran hinta (mk/m}^3\text{)} \end{aligned} \quad (5)$$

Laatukustannuksia aiheutuu myös tukkien pintavaurioista, kuten reijittymisestä. Tukin pintaan tulee kuorimakoneen telojen aiheuttamia reikiä, jotka jäävät pinta-

lautoihin. Pintalautojen laadun aleneminen on laatukustannus, joka saadaan laskettua kaavalla 6, kun määritetään rei'ittyneiden tukkien määrä, niistä saatavien pintalautojen osuus sekä rei'istä aiheutuva hinnan alennus.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus tukkien pinnan rei'ittymisestä} = & \text{rei'itty-} \\ & \text{neiden tukkien määrä (m}^3\text{/vuosi)} * \text{yhdestä tukista syntyvä} \\ & \text{pintalautojen osuus} * \text{pintalautojen laadun alenemisesta aiheu-} \\ & \text{tuva hinnan alennus (mk/m}^3\text{)} \end{aligned} \quad (6)$$

#### POISTOLAJITTELU/MASSAPUUT

Poistolajittelulla tarkoitetaan kuorinnassa rikkoutuneiden ja muuten sahaukseen sopimattomien tukkien poistamista sahatukeista. Poistolajiteltuja tukkeja ovat esimerkiksi kuorimakoneeseen jumiutuneet ja sorvautuneet tukit. Taulukossa 8 on esitetty poistolajittelun puun määrä vuosina 1995 ja 1996. Tiedot on saatu SMV:n poistolajitteluraportista. Vuoden 1996 tiedoissa on vuoden kahdeksan ensimmäisen kuukauden määrä kerrottu luvulla  $\frac{12}{7}$ , jotta on saataisiin koko vuotta vastaavat tiedot.

Taulukko 8. Poistolajittelun määrä vuosina 1995 ja 1996

Puulaji	1995	1996	Keskimäärin
mänty	5873 m <sup>3</sup>	3837 m <sup>3</sup>	4855 m <sup>3</sup>
kuusi	1162 m <sup>3</sup>	1647 m <sup>3</sup>	1405 m <sup>3</sup>
<b>Yhteensä</b>	<b>7035 m<sup>3</sup></b>	<b>5484 m<sup>3</sup></b>	<b>6260 m<sup>3</sup></b>

Poistolajittelusta aiheutuva laatukustannus syntyy sahan tukeista maksaman ja tukeista saatavan hinnan erotuksesta. Laatukustannus poistolajitelluista puista lasketaan kaavan 7 avulla. Hinnoissa on huomioitu tukkien siirtokustannus.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus poistolajitelluista puista} = & \text{Poistolajitellut} \\ & \text{puut (m}^3\text{/vuosi)} * (\text{sahan maksama hinta (mk/m}^3\text{)} - \text{puista} \\ & \text{saatava hinta (mk/m}^3\text{)}) \end{aligned} \quad (7)$$



#### 5.4.4 Saha

##### TOIMINNON KUVAUS

Sahalla on kaksi sahauslinjaa: pää- ja pientukkilinja. Päälinja muodostuu neljästä sahausyksiköstä. Ensimmäisessä on pelkkahakkuri ja neljä vannesahaa, toisessa sahausyksikössä on pelkkahakkuri ja kaksi vannesahaa, kolmannessa neljä sekä neljännessä kolme vannesahaa. Päälinjalla sahattavien tukkien suurin sallittu halkaisija on redusoinnin jälkeen 40 cm:ä. Päälinja käy nykytuotannossa kolmessa vuorossa viitenä päivänä viikossa. Linjalla työskentelee operatööri, sahuri, jonka tehtävänä on sahakoneiden ohjaus ja valvonta. Operatöörin kanssa työskentelee linjamies, joka valvoo sahalinjan toimintaa sekä sahatavaran mittatarkkuutta ja pinnan laatua.

Pientukkilinja muodostuu kahdesta sahausyksiköstä. Ensimmäisessä sahausyksikössä on pelkkahakkuri ja kaksi vannesahaa ja toisessa yksikössä pelkkahakkuri ja kolme vannesahaa. Pientukkilinjalla sahataan halkaisijaltaan 10...18 cm:ä vahvat tukit. Pientukkilinja käy nykytuotannolla yhdessä vuorossa viitenä päivänä viikossa.

Kaikkien sahalinjojen yksiköiden terähuollosta vastaavat terämiehet. Terämiesten tehtäviin kuuluu uusien terien ja sahan ulkopuolella kunnostuksessa olleiden terien vastaanottotarkastus, terien kunnostaminen ja terä- ja asetteenvaihtojen tekeminen normaalin sahausohjelman mukaan sekä rikkoutumistapauksissa. Asetteenvaihdot ja terän kulumisesta johtuvat teränvaihdot pyritään tekemään tauoilla, jotta tuotanto ei pysähtyisi. Kunkin sahausyksikön välittömässä läheisyydessä on valmiina seuraavaksi vaihdettavat terät. Yllättävissä terän rikkoutumistapauksissa linja seisoo koko teränvaihdon ajan. Linjamies ilmoittaa terämiehelle välittömästi sahatavaran pinnanlaadun heikentyessä. Erityyppiset teränvaihdot kestävät eri ajan. Normaaleissa asetteenvaihdoissa ja terän rikkoutumisissa vaihto kestää keskimäärin seitsemän minuuttia. Jos terä katkeaa, teränvaihto kestää pidempään, 20 - 30 minuuttia.



Päälinjan lautatavara särmätään kameratekniikkaan perustuvalla neljällä Ahlströmin särmäkursolla. Särmit ovat vuoden 1985 tekniikkaa ja toistettavuus särmäystuloksessa on huono. Ennen särmäystä lautatavarakappaleet pitää käsin kääntää oikein päin, parempi puoli päälle, jotta särmäys voidaan suorittaa oikein perustein. Pientukkilinjan särmäys tapahtuu ko. linjan sahausyksiköiden välittömässä läheisyydessä olevilla särmäsahoilla.

Särmätty lautatavara esikatkaistaan. Esikatkaisussa lautatavarakappaleista poistetaan lähinnä vain sahatavaraksi kelpaamaton eli se vajaasärmän osa, joka saattaisi aiheuttaa ongelmia prosessin eri vaiheissa. Tarkempi tasaus suoritetaan vasta kuivalajittelun jälkeen. Sahan trimmeri on vanha ja toimii kapasiteettinsa äärirajoilla, joten trimmeristä aiheutuvia häiriöitä on ollut runsaasti.

Särmätyt ja esitasatut sahatavarakappaleet lajitellaan lokeroihin dimension mukaan. Dimensiolajittelussa sahatavarakappaleet kulkevat mittareiden ohi, jotka määrittävät kappaleelle oikean lokeron. Sahatavarakappale putoaa kuljettimelta omaan lokeroonsa, jotka tyhjennetään yksi kerrallaan rimoitukseen.

Pientukkilinjan sahatavarakappaleet esilajitellaan kulloinkin olevan tarpeen mukaan. Kappaleista voidaan esimerkiksi erottaa joku tietty laatu, jotta kyseinen laatu voidaan erikoiskuivata erikseen. Mikäli päälinjan kappaleita halutaan esilajitella, täytyy kappaleet ohjata esilajitteluun silloin kun pientukkilinjalla ei sahata.

Dimensiolajitellut sahatavarat rimoitetaan kahdella rimoituskoneella. Ykkösrimoituskoneella rimoitetaan sydäntavara ja kolmoskoneella lautatavara. Kesäkuukausina koko tuotanto suojakastellaan Sinestolla rimoituksen yhteydessä.

Sahausprosessissa syntyy sivutuotteena haketta ja purua. Hake ja osa purusta myydään integraatin sellutehtaalle. Hake syntyy pelkkahakkureissa, särmäkursoissa ja päähakkurissa, jonne johdetaan särmäsahojen ja esitasauksen ylimääräiset palat sekä ennen kuivausta hajonneet sahatavarakappaleet. Näistä muodostuu märkähake, jonka laatuarvo on huomattavasti korkeampi kuin kuivauksen jälkeen

hajonneiden kappaleiden ja tasauspätkien hakkeesta muodostuvan kuivahakkeen laatuarvo.

Sahan tuotannolle tyypillistä on sahatavarakappaleiden runsas siirtely. Siirto tapahtuu erilaisilla kuljettimilla ja kiramoilla. Sahatavarakappaleita rikkoutuu ja vahingoittuu jokaisessa siirtojen vaiheessa, erityisesti kiramoissa.

Rimapaketit siirretään märkävälivarastoon ulkotiloihin rimoituskoneilta. Siirto märkävälivarastoon tapahtuu trukeilla.

### LAATUKUSTANNUSTEKIJÄT SAHASSA

#### YLISUURET TUKIT SAHAAN

Kun pientukkilinjalle joutuu liian suuri tukki, se joudutaan poistamaan käsin linjan ollessa pysähtyneenä. Tämä aiheuttaa tuotannon menetyksen kyseiseltä ajalta. Ylisuurien tukkien aiheuttama laatukustannus lasketaan kaavan 8 avulla.

$$\begin{aligned} \text{Ylisuurten tukkien aiheuttama laatukustannus} &= \text{Tukkien} & (8) \\ \text{määrä (kpl/viikko)} & * \text{tuotantoviikot (viikko/vuosi)} * \text{tukin pois-} \\ \text{tamiseen kuluva aika (min/tukki-kpl)} & * \text{pientukkilinjan seisok-} \\ \text{kihinta (mk/h)} & \end{aligned}$$

#### MITTAVIRHEET

Mittavirheen laatukustannus muodostuu mittavirheiden takia keskeytetystä tuotannosta, asiakasreklamaatioista sekä mittavirheiden takia halvempaan hintaan toimitetuista eristä. Asiakasreklamaatioiden osuus on käsitelty erikseen. Mittavirheiden aiheuttamaa laatukustannusta on selvitetty haastattelemalla. Koska mittavirheistä aiheutuvaa kustannusta ei voida tarkkaan selvittää, on tuloksissa esitetty joitakin arvioita ja korjausehdotuksia.

ASETTEEN- JA TERÄNVAIHTO

Terävaihdoista aiheutuvia laatukustannuksia on selvitetty haastattelemalla työnjohtoa terävaihtojen määristä ja syistä sekä käymällä läpi operatöörien kirjaamat häiriöiden syyt ajalta elo-lokakuu 1996. Kirjatuista häiriöistä on laskettu keskimääräinen yllättävien terävaihtojen lukumäärä sekä asetteenvaihto aika. Tuloksiin on myös eritelty erilaisten terärikköjen määrä sekä pohdittu niiden ehkäisykeinoja. Laatukustannus on laskettu kaavan 9 mukaisesti kummallekin sahalinjalle erikseen.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus terä- ja asetteenvaihdoista} = & \text{Ylimääräisten} & (9) \\ & \text{asetteen vaihtojen määrä (kpl/kk)} * \text{asetteen/terän vaihtoon} \\ & \text{kuluva aika (h/kpl)} * \text{sahalinjan laskennallinen häiriöhinta} \\ & \text{(mk/h)} \end{aligned}$$

TÄYTTÖASTE LINJALLA

Sahalinjassa kaikki toiminta, joka ei ole sahausta, voidaan ajatella tuotannon menetykseksi ja laatukustannukseksi. Täyttöaste päälinjalla voidaan laskea sahalinjan nykyisen keskimääräisen tehon ja maksimitehon suhteena, kaava 10. Lisäksi on haastattelemalla selvitetty täyttöasteeseen vaikuttavia tekijöitä.

Linjan vajaasta täyttöasteesta koituva laatukustannus lasketaan vertaamalla nykyistä täyttöastetta mahdolliseen optimaaliseen täyttöasteeseen. Täyttöasteen ei ole realistista ajatella nousevan 100 %:iin, mahdollisena täyttöasteena onkin ajateltu vuositasolla 80 %. Täyttöasteen nostamispotentiaali on laskettu kaavalla 11. Laatukustannusta ”ilman sahaamiselle” eli käyntihäiriöille on arvioitu laskemalla kuinka paljon enemmän saha pystyisi nykyresursseillaan tuottamaan. Laatukustannus on laskettu kaavalla 12.

$$\begin{aligned} \text{Täyttöaste päälinjalla} = & \text{Nykyinen keskimääräinen tukki-} & (10) \\ & \text{määrä (kpl/h)} / \text{sahalinjan maksimi tukkimäärä (kpl/h)} \end{aligned}$$



$$\text{Täyttöasteen nostamispotentiaali (\%-yksikköä)} = \quad (11)$$

*(optimaalinen täyttöaste - nykyinen täyttöaste)*

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus käyntihäiriöistä (1)} &= \text{vuosittainen} \quad (12) \\ &\text{sahatavaratuotanto (m}^3\text{)} * \text{täyttöasteen nostamispotentiaali} \\ &(\%) * \text{vuosittainen sahaus aika (h/vuosi)} * \text{sahatavarasta saa-} \\ &\text{tava hinta (mk/m}^3\text{)} \\ &= \text{sahattava tukkimäärä (tukki-kpl/h)} * \text{muuntokerroin (tukki-} \\ &\text{m}^3\text{:sta sahatavara-m}^3\text{:ksi)} (m^3/kpl) * (1/käytösuhde) * \text{täyttö-} \\ &\text{asteen nostamispotentiaali (\%)} * \text{työaika (h/vuoro)} * \text{vuorojen} \\ &\text{määrä (vuoroa/päivä)} * \text{työpäivien määrä} \\ &(\text{työpäivää/vuosi}) * (\text{sahatavaran keskihinta (mk/m}^3\text{)} - \text{tu-} \\ &\text{kista maksettu hinta (mk/tukki-m}^3\text{)}) * \text{käytösuhde} \end{aligned}$$

Käyntihäiriöiden aiheuttamaa laatukustannusta voidaan arvioida myös laskemalla kuinka monta tuntia vuodessa voitaisiin sahata enemmän ja kertomalla lisätuntien määrä päälinjan häiriöhinnalla, kaava 13.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus käyntihäiriöistä (2)} &= \text{Täyttöasteen} \quad (13) \\ &\text{nostamispotentiaali (\%)} * \text{vuosittainen sahaus aika (h/vuosi)} * \\ &\text{päälinjan häiriöhinta (mk/h)} \\ &= \text{nostamispotentiaali (\%)} * \text{työaika (h/vuoro)} * \text{vuorojen mää-} \\ &\text{rä (vuoroa/päivä)} * \text{työpäivien määrä (työpäivää/vuosi)} * \\ &\text{päälinjan häiriöhinta (mk/h)} \end{aligned}$$

#### SÄRMIEN MITTA- JA OPTIMOINTIVIRHEET SEKÄ TRIMMERIN TOIMINTA

Vanhentuneesta särmäystekniikasta sekä vääristä toimintatavoista johtuen särmät eivät särmää optimaalisella tavalla, vaan lautatavarasta merkittävä osa jää vajaa-särmäiseksi. Vääriä toimintatapoja ovat lähinnä särmäaihioiden kääntämättä jät-täminen. Vanhalla tekniikalla toimivat särmät myös särmäävät väärin, joten lauta-tavaran arvosaanto jää parasta mahdollista arvosaantoa pienemmäksi. Jos särmät



uusittaisiin ja työtavat tarkastettaisiin, särmien tekemien virheiden osuus vähenyisi. Särmien toiminnasta aiheutuvaa laatukustannusta on arvioitu laskemalla haastattelujen perusteella väärin särmättyjen kappaleiden arvon alennus. Väärin särmättyjen kappaleiden arvon on arvioitu alenevan keskimäärin  $200 \text{ mk/m}^3$ . Laatukustannus on laskettu kaavan 14 avulla.

Trimmerin huono kunto aiheuttaa myös laatukustannuksia korjauskustannuksina ja häiriöiden aiheuttajana. Trimmerin aiheuttamaa kustannusta ei kuitenkaan ole pystytty arvioimaan markkoina, vaan tuloksiin on kirjattu nykytilanne sekä parannusehdotuksia.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus väärin särmätyistä kappaleista} &= & (14) \\ \text{Lautatavaran määrä (m}^3\text{/vuosi)} * \text{väärin särmättyjen osuus} * \\ \text{arvon alenema (mk/m}^3\text{)} \end{aligned}$$

#### SUOJAKASTELU

Sahatavarakappaleet suojataan Sinestolla lämpiminä kuukausina, jotta erilaiset sien- ja homekannat, erityisesti sinistäjä sienet, eivät pystyisi vaurioittamaan sahatavaraa. Jos rimapaketit pystytäisiin kuivaamaan ilman pitkiä odotusaikoja, olisi Sinesto-käsittely tarpeeton. Nykytilanteessa osa rimapaketeista seisoo kuitenkin pahimmillaan useita viikkoja ja suojakastelu on välttämätön.

Laatukustannus Sinesto-käsittelystä ajatellaankin muodostuvan niiden rimapaketien suojaamisesta, joiden seisonta-aika märkävälivarastossa on niin lyhyt, etteivät sinistäjä- ja homekannat ehdi niitä vaurioittamaan. Käytännössä rimapaketti voi seisoa ennen kuivausta ainoastaan muutaman päivän ennen kuin sinistäjä sienet pesiytyvät sahatavarakappaleisiin. Rimapaketien kiertoa on selvitetty haastatteleamalla kuivauksesta ja tuotannonohjauksesta vastaavia henkilöitä. Ylimääräisen suojakastelun aiheuttama laatukustannus on laskettu kaavan 15 avulla.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus ylimääräisestä suojakastelusta} &= & (15) \\ \text{ylimääräisen suojakastelun osuus} * \text{suojakastelun kustannus} \\ \text{(mk/vuosi)} \end{aligned}$$

#### 5.4.5 Kuivaamo

### TOIMINNON KUVAUS

Sahan kuivaamot sijaitsevat kahdella alueella: Kaukaalla ja Pikisaaressa. Kaukaalla on 38 kamari- ja seitsemän kanavakuivaamoa. Kaukaan kanavat ovat pitkittäiskulkuisia ja ilmankierrotaan poikittaisia kuivaamoja. Pikisaaressa sijaitsee kahdeksan kanavakuivaamoa, jotka ovat poikittaiskulkuisia ja ilmankierrotaan pitkittäisiä.

Rimapaketit siirretään märkävälivarastosta kuivaamoihin. Kuivaamosta rimapaketit siirretään kuivavälivarastoon. Märkävälivarastointitilana on kenttä, joka ei ole katettu. Ainoastaan osa märkävälivarastosta voidaan sijoittaa katoksen alle. Katamaton tila aiheuttaa sen, että sadeilmoilla sekä tuulisella ja auringonpaisteisella säällä rimapakettien ulkopinta joko kostuu lisää tai kuivuu, jolloin päällimmäiset kappaleet halkeilevat jo ennen kuivausta. Rimapakettien sisäinen kosteusvaihtelu aiheuttaa ongelmia kuivauksessa. Kuivausajat pitenevät tai osa kappaleista kuivataan ylikuiviksi, jolloin kuivaushalkeamat lisääntyvät.

Kuivavälivarastotila on katettu alue, mutta varastotilan reunalla olevat paketit saattavat kovalla myrskyllä kastua. Kostuneet paketit joudutaan kuivaamaan uudestaan.

Rimapaketit kuljetetaan Pikisaaren kuivaamoille kuorma-autoilla. Kuivatut rimapaketit kuljetetaan takaisin Kaukaalle lajiteltaviksi ja paketoitaviksi. Kaikki muut rimapakettien siirrot tehdään trukeilla. Trukkikäsittely aiheuttaa sahatavarakappaleiden rikkoutumista.

### LAATUKUSTANNUSTEKIJÄT KUIVAAMOLLA

#### TRUKKIKÄSITTELYN RIKKOUTUMISKUSTANNUKSET

Rimapaketteja kuljetetaan rimoituskoneelta välivarastoon, välivarastosta kuivaamoon ja kuivaamosta lajitteluun. Eräässä sahalla tehdyssä tutkimuksessa on todet-

tu, että yhtä sahatavarakuutiota siirretään trukeilla sahan sisällä kolmetoista kertaa. Trukkikäsitellyissä vaurioituneilla kappaleilla on siis huomattava taloudellinen merkitys.

Trukkikäsitelyn aiheuttamaa laatukustannusta selvittäessä on haastateltu tuotannon eri vaiheista vastaavia henkilöitä ja kysytty heiltä vaurioituneiden kappaleiden määrää ja keskimääräistä hinnan alenemaa. Vaurioituvan sahatavaran määrä on laskettu kaavan 16 avulla. Trukkikäsitelyn laatukustannus saadaan kaavan 17 avulla.

$$\begin{aligned} \text{Vaurioituvan sahatavaran määrä (m}^3\text{/vuosi)} &= \text{Vuosituotanto} & (16) \\ (\text{m}^3\text{/vuosi}) * \text{vaurioituvien kappaleiden määrä (kpl/pkt)} / \\ (\text{rimapaketin kerrosten määrä (kerros/pkt)} * \text{kappaletta ker-} \\ \text{roksessa (kpl/kerros)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Trukkikäsitelyn laatukustannus} &= \text{Vaurioituvan sahatavaran} & (17) \\ \text{määrä (m}^3\text{/vuosi)} * \text{keskihinnan alenema (mk/m}^3\text{)} \end{aligned}$$

#### ONGELMAT KUIVAUKSESSA

Kuivauksessa esiintyviä ongelmia ovat esimerkiksi kuivauskuorman tekemisen yhteydessä lyhennettävät sahatavarakappaleet. Jos rimoituskoneella joku kappale on jäänyt pitemmäksi kuin muut ja on osittain rimapaketin ulkopuolella, se joudutaan kuorman tekemisen yhteydessä katkaisemaan moottorisahalla. Näistä katkaisuista ja muista kuivaamoista rikkoutuvista sahatavarakappaleista aiheutuva laatukustannus on laskettu kaavan 18 avulla.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus kuivaamoilla vaurioituvista sahatavara-} & & (18) \\ \text{kappaleista} &= \text{vaurioituvien kappaleiden määrä (m}^3\text{/vuosi)} * \\ \text{arvonalenema (mk/m}^3\text{)} \end{aligned}$$

Laatukustannuksia aiheuttavat myös kamareiden huono kunto. Esimerkiksi huonokuntoinen tiivisteovi pidentää 75 mm:sen sahatavaran kuivausaikaa vähintään puoli vuorokautta. (Heiskanen 1996) Huonokuntoiset kuivaamot aiheuttavat laatukustannuksia kapasiteetin ja energian menetyksinä, halkeamien lisääntymisinä



sekä epätasaisesta kosteudesta maksettuina asiakasreklamaatioina. Kokonaiskustannukset voivat olla erittäin merkittäviä ja ne tulisi tarkemmin selvittää. Tässä tutkimuksessa kamareiden kunnosta aiheutuva laatukustannus on kuitenkin jätetty arvioimatta.

#### UUDELLEENKUIVAUS

Kuivauksen jälkeisessä välivarastoinnissa saattaa syntyä tilanne, jossa rimapakettia ei voi varastoida katoksen alle. Tällöin rimapaketti saattaa kastua. Kastuneet rimapaketit joudutaan kuivaamaan uudestaan. Uudelleenkuivauksen hintana käytetään  $60 \text{ mk/m}^3$ . Laatukustannus on laskettu kaavalla 19.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus} \quad & \text{uudelleenkuivauksesta} = \text{Uudelleen-} & (19) \\ & \text{kuivattavien määrä (m}^3\text{/vuosi)} * \text{uudelleenkuivauksen hinta} \\ & (\text{mk/m}^3) \end{aligned}$$

#### KUIVAAMOIDEN KÄYNTIASTE

Sahan kuivaamot ovat sijoittuneet kahdelle erilliselle alueelle. Tämä vaikeuttaa kuivaamoiden toiminnan suunnittelua ja ohjausta. Kuivaamojen huono kunto aiheuttaa myös ongelmia kuivaamoiden käytön optimoinnissa.

Koska kuivaamojen käyntiasteen aiheuttamaa laatukustannusta ei voida arvioida markkoina, on tilannetta selvitetty kirjallisesti.

#### VÄLIVARASTOINNIN PÄÄOMAKUSTANNUKSET

Rimapaketit joutuvat seisomaan välivarastossa pitkiä aikoja ennen kuivausta ja kuivauksen jälkeen. Kuiva- ja märkävälivarasto yhteensä muodostavat tässä käsitellyn välivaraston. Välivarastosta aiheutuu pääomakustannuksia. Pääomakustannus välivarastolle on arvioitu siten, että optimitilanteessa välivaraston suuruus olisi  $12\,000 \text{ m}^3$ . Optimivälivaraston koko on laskettu siten, että märkävälivarastossa ei ole yhtään sahatavarapakettia, kuivaamot ovat täynnä ja kuivavälivarastossa on lajittelun käyntiä varten riittävä määrä sahatavaraa.



Kaikelle yli 12 000 m<sup>3</sup> menevälle määrälle on laskettu pääomakustannusta sahatavaran keskihinnan mukaan. Vuotuisena korkona käytetään 8,5 %. Tiedot välivaraston suuruudesta on kerätty perustuotannon viikkoraportista. Taulukossa 8 on esitetty välivaraston vaihtelun keskiarvo ja vaihteluvälit vuosina 1995 ja 1996 (kymmenen ensimmäistä kuukautta).

Taulukko 9. Välivaraston keskimääräinen koko ja vaihteluväli vuosina 1995 ja 1996

m <sup>3</sup>	Keskiarvo	Minimi	Maksimi
1995	17 826	2 293	27 931
1996	12 349	497	20 627

Laatukustannus on laskettu kaavan 20 avulla kunkin tarkasteluajanjakson viikolle erikseen.

$$\begin{aligned} \text{Pääomakustannus liian suuresta välivarastosta} &= \quad (20) \\ \text{ylimääräinen välivarasto} * \text{sahatavaran keskihinta (mk/m}^3) * \\ &0,085 \end{aligned}$$

#### VÄLIVARASTON HALLINTA JA SEURANTA

Kun välivaraston koko suurenee, sen hallinta vaikeutuu. Suurempi välivarasto aiheuttaa myös pidempiä varastointiaikoja. Välivaraston hallinnan ongelmat saatavat aiheuttaa laatukustannuksia laadun alenemisen, kuivaamojen täyttöasteen huononemisen ja pakettien ylimääräisessä siirtelyssä rikkoontuvien kappaleiden takia. Näistä aiheutuvaa laatukustannusta on kuitenkin vaikea arvioida markkoina. Välivaraston hallintaongelmista aiheutuvaa tilannetta onkin selvitelty kirjallisesti.

##### *5.4.6 Lajittamo- ja paketointilaitokset*

#### TOIMINNON KUVAUS

Sahalla on kaksi lajittelulinjaa. Lajittelulinja 1 on Ahlsrömin pakkotahtinen lajittelulinja, joka käy kahdessa vuorossa. Lajittelulinja 1:llä lajitellaan lähinnä sydäntä-

varaa, mutta myös jonkin verran lautatavaraa. Lajittelulinja 2 on Plan-Sellin vapaatahtinen lajittelulinja. Nykytuotannossa kakkoslinja toimii yhdessä vuorossa. Lajittelulinja 2:lla lajitellaan ainoastaan pienempiä dimensioita.

Lajittelulaitoksissa työskentelee lajittelijoita, joita valvoo paitsi työnjohtaja myös lajittelunvalvoja. Lajittelunvalvoja määrittää lajiteltavat laadut, tarkastaa lajittelun tuloksen ja koelajittelee erät, joihin on kohdistunut asiakasreklamaatioita. Lisäksi hän kouluttaa lajittelijoita.

Paketointi tapahtuu kummankin lajittelulinjan perässä olevilla paketointikoneilla. Osa lajittelulinja 2:n paketeista joudutaan kuitenkin siirtämään toiselle lajittelulinjalle paketoitavaksi.

Osa tuotannosta joudutaan eri syistä ajamaan uudelleen lajittelun ja paketoinnin läpi. Uudelleenajot johtuvat useista syistä, joista merkittävämpiä ovat: irtopaketit, peräpaketit tai vajaat paketit sekä ostopuiden lajittelu.

## LAATUKUSTANNUSTEKIJÄT LAJITTAMOLLA

### LAJITTELULINJAT

Sahalla toimii tällä hetkellä kaksi lajittelulinjaa, vaikka koko tämän hetken tuotanto voitaisiinkin lajitella yhdellä linjalla. Ylimääräisen lajittelulinjan ylläpito aiheuttaa kustannuksia ja monimutkaistaa tuotantoa. Kahden lajittelulaitoksen ylläpidosta aiheutuvaa kustannusta ei ole arvioitu, vaan tuloksissa on pohdittu nykytilanteen ja mahdollisen yhden lajittelulinjan hyviä ja huonoja puolia.

### UUELLEENAJOT

Uudelleenajojen määrä syyryhmittäin vuonna 1996 on esitetty taulukossa 10. Ryhmä kovat paketit sisältää irtopaketit, väärin paketoitua ja/tai leimatua sekä laadun tiukkauksesta johtuvia uudelleenajot. Tiedot on saatu sahan uudelleenajoreportista. Tiedot on jaettu seitsemällä ja kerrottu kahdellatoista ( $\frac{12}{7}$ ), jotta seitsemän ensimmäisen kuukauden tiedot on saatu vastaamaan koko vuoden tietoja. Koska

uudelleenajojen pienentämiseksi on tehty muutoksia vuoden 1996 aikana, on laatukustannusta laskettaessa uudelleenajojen määrän arvioitu olevan yhteensä noin 50 000 m<sup>3</sup>.

Taulukko 10. Uudelleenajot vuonna 1996

Syyryhmä	m <sup>3</sup>
Kovat paketit	64695
Peräpaketit ja vajaat paketit	24051
Kuntovikaiset	408
<b>Yhteensä</b>	<b>59155</b>

Uudelleenajon laskennallinen kustannus on 100 mk/m<sup>3</sup>. Laskettaessa tästä aiheutuvaa laatukustannusta on käytetty ainoastaan vuoden 1996 tietoja, koska tilanne on muuttunut vuoden 1996 aikana. Laatukustannus on laskettu kaavalla 21. Uudelleenajojen määrästä on vähennetty laadunalenemisesta varastoinnin aikana aiheutuneet uudelleenajot. Ne ovat mukana Helsingin yliopiston Metsäekonomian laitokselle tehdyssä opinnäytetyössä.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus uudelleenajoista} &= \text{uudelleenajojen määrä} & (21) \\ (m^3/\text{vuosi}) & * \text{uudelleenajon hinta (mk/m}^3) \end{aligned}$$

#### 5.4.7 Muut laatukustannustekijät

##### PROSESSISSA HAJONNEET KAPPALEET

Sahatavarakappaleita hajoaa ja vaurioituu prosessissa huomattavia määriä. Kappaleet vaurioituvat muun muassa kuljettimissa ja kiramoissa sekä lokeroihin pudotessaan. Vaurioituneiden kappaleiden arvo laskee ja saha menettää rahaa.

Laatukustannusta arvioitaessa on haastateltu tuotannon eri vaiheista vastaavia henkilöitä ja kysytty heiltä vaurioituvien kappaleiden määrää ja keskimääräistä hinnan alenemaa. Laatukustannus vaurioituneista kappaleista on laskettu kaavan 22 avulla. Trukkisiirroissa vaurioituneiden kappaleiden aiheuttama laatukustannus on laskettu kohdassa *Trukkikäsitteilyn rikkoutumiskustannukset* ja tukkilajittelussa



rikkoutuneiden kappaleiden aiheuttama kustannus on kohdassa *Tukkikäsittelyssä vaurioituneet kappaleet*. Lisäksi kuivauskuormaa tehtäessä poikkisahattavat kappaleet on laskettu kohdassa *Ongelmat kuivauksessa*.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus prosessissa vaurioituvista kappaleista} &= & (22) \\ \text{vuosituotanto (m}^3\text{/vuosi)} * \text{vaurioituvien kappaleiden osuus} \\ (\%) * \text{hinnan alenema (mk/m}^3\text{)} \end{aligned}$$

### PALKKAUSTAVAN VAIKUTUS

Noudatettu urakkapalkkaustapa saattaa joissakin tapauksissa johtaa tilanteisiin, jossa pyritään mahdollisimman suuriin tuotantomääriin osittain myös laadun kustannuksella. Esimerkiksi jonkun työvaiheen nopeuttaminen liian paljon saattaa lisätä rikkoutuneiden kappaleiden määrää ja laskea kappaleiden arvosaantoa.

Palkkaustavan markkamääräistä vaikutusta kustannuksiin on erittäin vaikea arvioida.

### HÄIRIÖT

Häiriöt sahan eri laitoksilla vähentävät tuotantoaikaa ja aiheuttavat siten kustannuksia. Taulukossa 11 on esitetty keskimääräiset häiriöprosentit sahan eri laitoksilla vuoden 1996 yhdeksänä ensimmäisenä kuukautena. Tiedot on saatu sahan viikottaisista häiriöraporteista, joihin tulostuu ainoastaan yli viisi minuuttia pitkät häiriöt. Pienhäiriöt eli alle viiden minuutin pituiset linjan seisahdumiset jäävät kokonaan kirjautumatta.



Taulukko 11. Vuoden 1996 yhdeksän ensimmäisen kuukauden häiriöprosentti sahan eri laitoksilla (PT-linjan on pientukkilinja)

KESKIMÄÄRÄISET HÄIRIÖPROSENTIT ERI LAITOKSILLA (%)						
Kuukausi	Tukkilajittelu	Kuorimo	Päälinj	PT-	Lajittamo 1	Lajittamo 2
Tammikuu	15,6	5,2	12,5	10,6	14,0	12,0
Helmikuu	8,9	12,8	12,4	18,5	15,5	16,6
Maaliskuu	7,1	3,3	9,3	1,5	12,3	10,9
Huhtikuu	9,9	8,6	8,1	2,2	17,7	12,2
Toukokuu	20,9	10,7	9,1	6,6	11,3	15,7
Kesäkuu	2,6	7,1	7,9	3,8	8,4	10,1
Heinäkuu	12,5	7,6	-	-	17,7	19,1
Elokuu	9,1	9,0	11,2	3,8	10,5	13,7
Syyskuu	20,5	8,5	10,3	3,2	11,3	6,0
Keskimäärin	11,9	8,1	9,0	5,6	13,2	12,9

Laatukustannusta selvitetessä on arvioitu kuinka paljon rahaa saha voittaisi, jos häiriöitä sahalinjalla pystyttäisiin laskemaan prosentilla. Laatukustannus on arvioitu siten, että on laskettu kuinka paljon enemmän voitaisiin nykyresursseilla sahata mikäli häiriöt pienenisivät. Lisäsahatavaramäärä on ajateltu myytävän keskihinnalla, josta on vähennetty tukin keskihinta/sahatavara- $m^3$ . Säästöpotentiali on laskettu kaavan 23 avulla.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus päälinjan yhdestä häiriöprosentista (l)} = & \quad (23) \\ \text{nykytuotanto (m}^3\text{)} * 0,01 * (\text{sahatavaran keskihinta (mk/m}^3\text{)} \\ & - \text{tukin keskihinta (mk/m}^3\text{)} * \text{käytösuhde}) \end{aligned}$$

Toinen tapa arvioida yhden häiriöprosentin aiheuttamaa laatukustannusta on laskea vuosittaisesta sahausajasta yksi %-yksikkö ja kertoa se sahalinjan häiriöhinnalla, kaava 24.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus sahalinjan yhdestä häiriöprosentista (2)} &= (24) \\ 0,01 * \text{sahausaika (h/vuosi)} * \text{sahalinjan häiriöhinta (mk/h)} &= \\ 0,01 * \text{työaika (h/vuoro)} * \text{vuorojen määrä (vuoroa/päivä)} * & \\ \text{työpäivien määrä (työpäivää/vuosi)} & \end{aligned}$$

#### SAHAUSERÄN KOON VAIKUTUS TUOTANTOKUSTANNUKSIIN

Optimitilanteessa tukkivaraston koko ja tuotannon aikataulutus antavat mahdollisuuden pitkien sahauserien sahaamiseen. Lyhyet sahauserät lisäävät tuotantokustannuksia mm. seuraavista syistä.

1. Asetteenvaihtojen määrä ja päälinjan häiriöt lisääntyvät.
2. Lyhyistä, kiireellisistä sahauseristä joudutaan tekemään vajaita kuivauskuormia.
3. Lyhyet erät aiheuttavat uudelleenajoja lisääntyneiden peräpakettien takia.

Koska lyhyiden sahauserien vuosittaista kustannusta on mahdoton arvioida on tuloksiin laskettu esimerkkinä 6 000 sahatavara-m<sup>3</sup>:n erän sahaaminen yhdellä kerralla ja kolmessa 2000 m<sup>3</sup>:n erässä.

## 6 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

### 6.1 Tuotteen laatuun vaikuttaneet tekijät ja laatukustannusten määrä

#### 6.1.1 Laskelmissa käytetyt hinnat ja luvut

Taulukossa 12 on esitetty sellaiset laskelmissa käytettyjen suureiden lukuarvot, joita ei ole tämän tutkimuksen yhteydessä erikseen määriteltä. Käytetyt lukuarvot on sahalla yleisesti käytettyjä tai käytettyjen arvojen keskiarvoja.

Taulukko 12. Laskelmissa käytetyt lukuarvot

Käytetty suure	Lukuarvo
Toimihenkilöpalkka	150 mk/h
Työntekijäpalkka	110 mk/h
Tukin hinta	320 mk/m <sup>3</sup>
Sahatavaran keskihinta (1)	756 mk/m <sup>3</sup>
Sahatavaran keskihinta (2)	860 mk/m <sup>3</sup>
Pääsahalinjan seisokkihinta	25 000 mk/h
Pientukkilinjan seisokkihinta	13 000 mk/h
Korkokanta	8,5 %
Kuivauskustannus	60 mk/m <sup>3</sup>
Uudelleenajon kustannus	100 mk/m <sup>3</sup>
Käyttösuhde	2,22

Laatukustannusten suuruutta laskettaessa käytetty sahatavaran keskihinta vaikuttaa laatukustannusten kertaluokkaan. Tässä tutkimuksessa sahatavaran keskihintana (1) on pääasiallisesti käytetty elinkeinoverolain mukaista hankinta-arvoa, joka on männyllä 767 mk/m<sup>3</sup> ja kuusella 721 mk/m<sup>3</sup>. Koska tutkimuksessa ei ole voitu erotella kuusen ja männyn määriä, on laskennassa käytetty vuoden 1995 toimitusten jakauman mukaista painotettua hintaa, joka on 756 mk/m<sup>3</sup>. Kohdassa *Käyntihäiriöt* on sahatavaran keskihintana (2) käytetty vaihtoehtoista hintaa 860 mk/m<sup>3</sup>, joka paremmin vastaa sahatavaran markkinahintaa.



### 6.1.2 Ennalta ehkäisevän toiminnan kustannukset

Ennalta ehkäisevän toiminnan kustannukset jakautuvat laatujärjestelmän ylläpidon, auditointien, koulutuksen, asiakastyytyväisyyskyselyn, asiakaskäyntien ja ennakkohuollon kustannuksiin.

#### LAATUJÄRJESTELMÄN YLLÄPITO

Laatujärjestelmän ylläpitokustannukset on laskettu vuoden 1996 jo toteutuneiden sekä laatupäällikön arvioimien loppuvuoden kustannusten perusteella.

Laatujärjestelmän ylläpitokustannuksiksi on laskettu laatupäällikön palkka sekä osa laatusihteerin palkasta. Pällekkäisyyksien välttämiseksi heidän käyttämänsä työaika on vähennetty muista kohdista kuten koulutus ja kokoukset. Vuoden 1996 aikana laatukäsikirjan ohjeet uudistetaan. Tämän uudistuksen aiheuttama kustannus on laskettu kaavalla 25.

$$\begin{aligned} \text{Työohjeiden uusiminen} &= \text{käytetty työaika (h/hlö/vuosi)} * \\ &\text{työtunnin hinta (mk/h)} * \text{uudistamiseen osallistuneiden henki-} \\ &\text{löiden lukumäärä} \end{aligned} \quad (25)$$

Laadunohjausryhmän kokoukset voidaan laskea kokonaan laatujärjestelmän ylläpitokustannuksiin. Operatiivisen johtoryhmän, markkinointiosaston kuukausipalaverien ja viikkopalaverien laatujärjestelmän ylläpitokustannukseksi on laskettu se osa, jonka kyseiset palaverit käyttävät laatuasioiden tarkasteluun. Näiden kokousten kustannukset on laskettu kaavan 26 avulla.

$$\begin{aligned} \text{Kokousten aiheuttamat kustannukset} &= \text{kokousten} \\ &\text{määrä (kokousta/vuosi)} * \text{laatuasioihin käytetty aika} \\ &\text{(h/kokous)} * \text{työtunnin hinta (mk/h)} * \text{kokouksiin osallistu-} \\ &\text{neiden henkilöiden määrä} \end{aligned} \quad (26)$$

Taulukossa 13 on esitetty laatujärjestelmän ylläpitokustannukset vuonna 1996.

Taulukko 13. Laatujärjestelmän ylläpitokustannukset

	mk
Laatupäällikön ja -sihteerin palkka	450 000
Ohjeet uusiksi	24 000
Kokouskustannukset	67 000
<b>Yhteensä</b>	<b>541 000</b>

SISÄISET AUDITOINNIT

Sisäisten auditointien kustannukset syntyvät auditointien koulutuksesta sekä auditointien ja auditoitavien henkilöiden työajasta. Syntyneet kustannukset on laskettu kaavalla 27.

$$\begin{aligned} \text{Kustannus sisäisistä auditoinneista} &= \text{käytetty työaika} & (27) \\ &(\text{h/hlö/vuosi}) * \text{työtunnin hinta (mk/h)} * \text{auditointiin osallistuneiden henkilöiden määrä} \end{aligned}$$

Sisäisistä auditoinneista syntyy vuosittain kustannuksia 74 000 mk.

ULKOISET AUDITOINNIT

Ulkoisten auditointien kustannukset muodostuvat SFS-auditoinnin velottamista kustannuksista sekä sahan työntekijöiden auditointiin käyttämää työaikaa, joka on laskettu kaavalla 27. Ulkoisten auditointien kustannukset ovat taulukossa 14.

Taulukko 14. Ulkoisten auditointien kustannukset vuonna 1996

	mk
SFS:n auditointi	30 000
Sahan työntekijöiden palkat	10 000
<b>Yhteensä</b>	<b>40 000</b>

KOULUTUS

Ennaltaehkäiseväksi toiminnaksi voidaan laskea kaikesta koulutuksesta aiheutuva kustannus. Koulutuksen kustannuksiin kuuluvat erilaiset kurssimaksut ja työntekijöiden koulutuksessa käyttämä aika. Menetetty työaika on laskettu kaavalla 28.

$$\text{Koulutuskustannus} = \text{käytetty työaika (h/vuosi)} * \text{työtunnin hinta (mk/h)} * \text{koulutukseen osallistuneiden henkilöiden lukumäärä} \quad (28)$$

Työntekijöiden koulutuksen kustannukset vuosina 1995 ja 1996 on esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15. Koulutuskustannukset vuosina 1995 ja 1996

	1995	1996
Välittömät kustannukset	339 000 mk	245 000 mk
Käytetty työaika	67 000 mk	42 000 mk
Yhteensä	406 000 mk	287 178 mk

ASIAKASTYYTYVÄISYYSKYSELY

Asiakastyytyväisyyskyselyn kustannuksiin lasketaan kyselyn käsittelijöiden kyselyihin käytetty työaika. Kustannukset lasketaan kaavalla 29.

$$\text{Asiakastyytyväisyyskyselyn kustannukset} = \text{käytetty työaika (h/vuosi)} * \text{työtunnin hinta (mk/h)} * \text{koulutukseen osallistuneiden henkilöiden lukumäärä} \quad (29)$$

Asiakastyytyväisyyskyselyn vuosittainen kustannus on 10 000 mk.

TOIMITTAJA-AUDITOINNIT

Kaukaan saha suorittaa laatujärjestelmänsä vaatimia toimittaja-auditointeja vuoden 1996 aikana yhteensä kymmenen kappaletta. Laskennassa on otettu mukaan matkakorvaukset, mahdolliset hotelliyöpymiset sekä päivärahat. Auditointeihin käytetty työaika on laskettu kaavalla 24.



Vuoden 1996 toimittaja-auditoinneista syntyy kustannuksia yhteensä 20 000 mk.

### ENNAKKOHUOLTO

Koska ennakkohuolto- ja korjaustoimenpiteet hoidetaan limittäin samojen ihmisten toimesta, ei tarkkaa summaa ennakkohuollon kustannuksista pystytä esittämään. Sen arvioidaan kuitenkin olevan 40 % kaikista korjauskustannuksista.

Vuoden 1995 kaikkiin korjaus- ja huoltotoimiin on kulunut rahaa 13 912 000 mk. (Vuosikertomus 1995) Huolto- ja korjaustoimenpiteisiin on vuoden 1996 ensimmäisinä kymmenenä kuukautena käytetty 52,00 mk/m<sup>3</sup> eli yhteensä vuonna 1996 on käytetty 19 760 000 mk, joista siis ennakkohuollon osuus on 7 904 000 mk.

Sahalla on olemassa ennakkohuoltosuunnitelma, joka sisältää voitelun, puhdistuksen sekä kuluvien osien tarkastuksen ja vaihdon ennalta määrätyn väliajoin. Ennakkohuoltosuunnitelma vaatii kuitenkin enemmän aikaa kuin äkilliset tuotantovälineiden korjaukset sallisivat, joten ennakkohuoltoa ei pystytä toteuttamaan täysin suunnitelman mukaisesti. Jotta ennakkohuoltosuunnitelman mukaiset huollot ehdittäisiin nykyisellä työvoimalla toteuttamaan, pitäisi korjausmiehiä eniten työllistävät kohteet, esimerkiksi tukin syöttö sahaan saada pysyvästi korjattua jolloin korjausmiehille jäisi riittävästi aikaa huolehtia ennakkohuollosta.

#### *6.1.3 Valvonnan kustannukset*

Tarkastustoiminnan kustannukset sisältävät laaturyhmän palkkamenot sekä mittalaitteiston kalibroinnin aiheuttamat palkkakustannukset. Vuoden 1996 tarkastustoiminnan kustannukset ovat 600 000 mk.

#### *6.1.4 Ulkoiset virhekustannukset*

### REKLAMAATIOT

Maksetut asiakasreklamaatiot vuosilta 1993-1996 on jaettu osastoittain ryhmiin. Maksetut asiakasreklamaatiot on esitetty taulukossa 16 kullekin vuodelle osastoittain sekä eri vuosien keskiarvot osastoittain. Vuoden 1996 tulokset on saatu ker-

tomalla ensimmäisen kuuden kuukauden tulokset kahdella. Reklamaatiot on kohdistettu osastoille reklamaation kirjauksessa käytettyjen koodien mukaisesti.

Taulukko 16. Reklamaatiot vuosilta 1993-1996

Maksetut reklamaatiot vuosina 1993-1996 (mk)						
Vuosi	Tukkilajittelu	Kuorimo	Saha	Kuivaamo	Lajittamo	Paketointi
-93	64 304	213 551	43 622	71 326	316 842	10 570
-94	44 215	42 990	14 162	32 891	75 950	2 586
-95	467 719	57 770		127 500	394 844	
-96			22 756	414 944	158 486	
Keskiarvo	144 060	78 587	20 135	161 665	236531	3 289

Maksetut asiakasreklamaatiot ovat vuosittain keskimäärin 644 000 mk.

Reklamaatioiden käsittelyn kustannukset on pyritty määrittämään koko sahaorganisaatiossa eikä vain sillä osastolla, jota reklamaatio koskee. Syntyneet kustannukset on jaettu reklamaatioiden määrällä.

Vuonna 1995 reklamaatioiden käsittelyyn käytettiin markkinoinnissa 250 tuntia ja tuotannossa 150 tuntia. Vuoden ensimmäisellä puolikkaalla lukujen arvioitiin olevan 200 tuntia ja 120 tuntia. Nämä kerrottiin keskimääräisellä tunti hinnalla, jotta kustannus saatiin selvitettyä. Reklamaatioiden tarkastusmatkoihin kului vuonna 1995 arviolta noin 40 000 mk ja vuonna 1996 noin 32 000 mk. Reklamaation käsittelyn kustannus oli vuonna 1995 1 190 mk ja vuonna 1996 1 231 mk reklamaatiota kohden.

#### KESKIPITUUSVAATEET

Kukin asiakas ostaa sahatavaraa oman käyttötarpeensa mukaan. Jotkut asiakkaat haluavat vain tiettyjä pituuksia, jotkut tiettyä pituusjakaumaa, osalle asiakkaista sahatavaran pituudella ei ole niin suurta merkitystä.

Pituusvaatimus on kriittinen tekijä erityisesti kuusen myynnissä. Koska kuusella ei ole selkeää tukkien laatuapteerausta, on asiakkaiden pituusvaatimuksiin on helpompi vastata hankkimalla määrämittäisiä tukkeja.

Yleisin asiakkaiden esittämä pituusvaatimus on että, koko sahatavaramäärän pituuksille asetetaan tietty minimi. Lähes yhtä yleinen vaatimus on että tietyn %osuuden sahatavaramäärästä pitää ylittää annettu pituus.

Myös markkinatilanne vaikuttaa asiakkaiden pituusvaatimuksiin: Huonon menekin aikaan vaatimukset ovat selvästi kovempia ja niihin joudutaan mukautumaan enemmän kuin hyvässä markkinatilanteessa.

Tulevaisuudessa pituuden merkitys kasvaa: pituudesta tulee vielä selkeämmin kolmas tarkkailtava dimensio sahatavaralle. Erityisesti Japanin kaupoissa sahataran pituus on muodostunut niin tärkeäksi tekijäksi, että apteeraustapoja on täytynyt muuttaa.

Laatukustannuksia pituusvaatimuksista koituu lähinnä menetetyistä kaupoista ja lyhyiden pituuksien myymisestä alennettuun hintaan markkinoille. Tämän laatu-kustannuksen suuruutta on kuitenkin erittäin vaikea arvioida. (Miettinen 1996)

#### HAKKEEN LAATUARVON VAIHTELU JA SYITÄ

Sahalla vuoden 1996 aikana tehty investointi, jossa vaihdettiin hakkureihin teräpyörät, on nostanut hakkeen keskimääräistä laatuarvoa aikaisemmasta arvosta 100 jopa arvoon 120. Nykyinen keskimääräinen laatuarvo on 107.

Jotta laatuarvoa voisi vielä nostaa, pitäisi selvittää kullekin tukkiluokalle, kummallekin puulajille ja kesä- ja talvikaudelle optimaalinen hakkeen pituus. Nykyinen optimipituus ei huomioi näitä muuttuvia olosuhteita. Sahalla on tehty kokeita, joiden perusteella voidaan sanoa, että hakepalan optimipituusalue on erittäin kapea ja laatuarvo vaihtelee suuresti jo millimetrin alueella.



Optimipituus voitaisiin määrittää koesarjalla, jossa tarkkailtaisiin koeseulonnoilla hakkeen laatuarvoa eri tekijöiden vaihdellessa. Koe pitäisi jakaa neljään osaan ja suorittaa erikseen kuuselle ja männylle sulan ja jäisen puun aikaan. Kussakin koesarjassa muuttujina olisi tukkiluokka ja pelkkahakkurin pyörimisnopeus. Mitattava suure olisi hakepalan pituus. Optimihakepituus voitaisiin selvittää esimerkiksi kahden muuttujan epälineaarisella regressioanalyysillä.

Koska hakkeen laatuarvon ja kuoriprosentin vaihtelua talvikuukausilta ei voida selvittää, ei laatukustannusta hakkeen laatuarvon vaihtelusta saada laskettua. Seuraavassa on arvioitu kuinka paljon kustannuksia aiheuttaa tilanne, jossa yhden kuukauden ajan hakkeen laatuarvo putoaa yhdellä prosentilla, kaava 30.

$$\begin{aligned} \text{Hakkeen laatuarvon yhden prosentin vaikutus kuu-} & \quad (30) \\ \text{kaudessa} = \text{hakkeen määrä (m}^3/\text{kk)} * \text{hakkeen hinta (kun laa-} & \\ \text{tuarvo on 100) (mk/m}^3) * 0,01 & \end{aligned}$$

Laatukustannuksen suuruus, kun haketta syntyy 25 000 m<sup>3</sup> kuukaudessa:

$$\begin{aligned} \text{Yhden kuukauden laatuarvon pudotus} &= 25\,000\, \text{m}^3 * 224,50 \\ \text{mk/m}^3 * 0,01 &= 56\,125\, \text{mk/kk} \end{aligned}$$

Talvikauden voidaan ajatella laskevan laatuarvoa useita prosentteja muutaman kuukauden ajan, joten laatukustannus on merkittävä.

#### 6.1.5 Sisäiset virhekustannukset

##### TUKKIVARASTON KOKO

Alkupään tuotannosta vastaavien henkilöiden arvion mukaan optimitukkivarasto on 50 000 tukkia. Tukkeja on vuoden 1996 ensimmäisenä 42:tenä viikkona ollut varastossa keskimäärin 60 000 kappaletta. Laatukustannus ylimääräiselle 10 000 kappaleelle on laskettu kaavalla 1.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus liian suuresta tukkivarastosta} &= 10\,000\, \text{kpl} * \\ 0,226\, \text{m}^3/\text{kpl} * 331\, \text{mk/m}^3 * 0,085 &= 64\,000\, \text{mk} \end{aligned}$$

### TUKKIEN LAADUN ALENEMINEN

Pahimmassa tilanteessa voidaan tukkeja ajatella sinistyvän 20 % kesä-elokuun tuotannosta, joka on 70 000 m<sup>3</sup>. Sahatavaran keskihinta alenee 200 mk/m<sup>3</sup>. Syntyvä laatukustannus lasketaan kaavalla 2.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus tukkien sinistymisestä} &= 70\,000\, \text{m}^3 * 0,2 * 0,2 \\ &* 200\, \text{mk/m}^3 * (1/2,22) = 252\,000\, \text{mk} \end{aligned}$$

Tukkien kastelun kustannukset syntyvät kastelujärjestelmän ylläpidosta, sen kuluttamasta sähköstä sekä käytetyn veden hinnasta.

Kastelujärjestelmän vuosittainen ylläpito ja järjestelmän kuluttama sähkö aiheuttavat 5000 mk kustannuksia. Kastelussa käytettävän makroveden kustannus on 10 000 mk. Kastelujärjestelmän kustannukset ovat siis 15 000 mk.

Koska kastelun kustannukset ovat erittäin pienet verrattuna tukkisinisen aiheuttamiin kustannuksiin, kastelu on järkevää pitää käynnissä lähes aina lämpötilan ollessa sinistäjänsienille suotuissa. Vesisateen ajaksi ei välttämättä ole syytä sammuttaa kastelujärjestelmää, mikäli on olemassa vaara, että järjestelmä saattaa unohtua käynnistää sateen jälkeen.

Tukkien laadun alenemista lisää tukkikentälle varastoitujen tukkien huonon kierrätettävyyden aiheuttama joidenkin tukkien erittäin pitkä seisomisaika. Tukkikentän tilanpuutteen takia tukit siirretään kentältä kuorimolle LIFO-periaatteella. Tilanteen parantamiseksi olisi mietittävä voiko tukkien varastointiin kehittää FIFO-periaatteella toimivaa varastointisysteemiä.

### TUKKIEN LAJITTELUVIRHEET

Lajitteluvirheet eivät aiheuta välittömiä kustannuksia, koska kaikista tukeista maksetaan toistaiseksi sama hinta ja erilaatuiset tukit ajetaan samalla asetteella. Mikäli tulevaisuudessa tukkien vastaanotossa siirrytään kappalekohtaiseen tehdasmittaukseen ja laatumaksutapaan, tukkien oikeaan lajitteluun on syytä kiinnittää huomiota ja siitä aiheutuvaa kustannusta seurata.

### PUULAJIN SOTKEENTUMINEN

Puulajien sotkeentumisesta vastuussa on metsäosasto. Työnjohtajien mukaan sotkeentumisia ilmenee erittäin harvoin ja silloinkin ne havaitaan varsin pian ja väärän puulajin tukit saadaan poistettua ennen sahausta. Syntyvä laatukustannus on erittäin pieni.

### TRUKKIURAKOITSIJAN KÄSITTELYVAURIOT

Tuotannosta vastaavien henkilöiden arvion mukaan urakoitsija ei aiheuta merkittäviä vaurioita toiminallaan. Urakoitsijalle on olemassa sanktioita mikäli tukkien käsittelyssä syntyisi vaurioita.

### RAAKKIPUU-%

Ennen uutta tukkilajittelua kaikki tukit kuorittiin, jolloin raakkitukit pystyttiin myymään suoraan sellutehtaalle. Niistä saatiin sellutehtaan maksama tukin hinta. Nykyään suurin osa raakkipuusta erotellaan muusta tukkisumasta jo ennen kuorintaa, joten niitä ei voi myydä sellaisenaan sellutehtaalle.

Vuoden 1996 keväällä sahattavien tukkien laatuvaatimuksia on alennettu. Nykytilanteessa raakkipuuosuus on noin 1,0 %. Sahauskelvottomat joko uudelleenkäsittellään tai myydään.

Ylipitkät tukit saadaan kiertoon sahaamalla ne lyhyemmiksi. Rautapuut käsitellään kohdassa *Rautapuut* esitetyllä tavoin, järeät tukit siirretään saman konsernin toiselle sahalle. Loput raakkitukit myydään yksityisille henkilöille. Raakkipuista aiheutuva kustannus lasketaan kaavalla 3. Tehdasalueen sisäisiä tukkien siirtoja ei ole huomioitu näihin lukuihin.

$$\text{Laatukustannus sahalle toimitetuista raakkitukeista} = 0,01 *$$

$$865\,000\,m^3 * (331-150)\,mk/m^3 = 1\,549\,000\,mk$$



### RAUTAPUIDEN KÄSITTELY

Rautapuita on vuosittain noin  $8\,200\text{ m}^3$ . Vuosittaiset kustannukset saadaan laskettua kaavalla 4.

$$\begin{aligned}\text{Laatukustannus rautapuista} &= 8\,200\text{ m}^3 * 60\text{ mk/m}^3 = \\ &492\,000\text{ mk}\end{aligned}$$

Korjaavana toimenpiteenä on rautapuulokeroon joutuvista tukeista aloitettu poistamaan tukkien päistä metsälappuja ja ajamaan tukit uudelleen metallinpaljastimen läpi. Näin on pystytty "pelastamaan" noin 50 % rautapuutukeista. Korjaavan toimenpiteen kustannussäästö on laskettu kaavan 5 avulla, kun korjaavien toimenpiteiden kustannusten on arvioitu olevan  $10\text{ mk/m}^3$ .

$$\begin{aligned}\text{Säästö rautapuiden käsittelystä} &= 0,50 * 492\,000\text{ mk} - 8\,200 \\ &\text{m}^3 * 10\text{ mk/m}^3 = 164\,000\text{ mk}\end{aligned}$$

Nykytilanteessa rautapuuta aiheuttavat siis  $(492\,000 - 164\,000)\text{ mk} = 328\,000\text{ mk}$ :n suuruisen laatukustannuksen.

### TUKKIEN VAURIOITUMINEN TUKKILAJITTELUSSA

Tuotannosta vastaavien henkilöiden mukaan tukkilajittelussa vaurioituu erittäin vähän tukkeja. Vuosittainen kustannus on heidän käsityksensä mukaan ainoastaan muutamia tuhansia markkoja.

#### *6.1.6 Kuorimo*

### KUORIMAKONEEN RIKKOMAT TUKIT

Tukkien päät vaurioituvat erityisesti pienistä tukkiluokista talviaikaan. Päiden rouhiintumisia on noin 55 000 tukissa eli noin 1,5 %:ssa kaikista tukeista vuodessa. Tästä tukkimäärästä saadaan  $2\,200\text{ m}^3$ :ä sahatavaraa. Jos rouhinnasta johtuen sahatavarasta joudutaan poistamaan kaksi moduulia, vähennetään sahatavaran

määrää keskimäärin 14 % eli  $310 \text{ m}^3$ :ä. Tämä  $310 \text{ m}^3$ :ä sahatavaraa menettää arvostaan noin  $700 \text{ mk/m}^3$ . Syntyvä laatukustannus on laskettu kaavalla 5.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus pään rouhinnasta} &= 310 \text{ m}^3/\text{vuosi} * 700 \\ \text{mk/m}^3 &= 217\,000 \text{ mk} \end{aligned}$$

Noin 1 % eli 37 200 tukin pinnat reikiintyvät vuosittain. Tästä tukkimäärästä saadaan pintalautoja noin  $362 \text{ m}^3$ :ä. Reikiintyneiden pintalautojen arvon arvioidaan alenevan  $700 \text{ mk/m}^3$ . Tukkien reikiintymisestä aiheutuva laatukustannus on laskettu kaavalla 6.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus tukkien pinnan reikiintymisestä} &= 362 \text{ m}^3 * \\ 700 \text{ mk/m}^3 &= 253\,400 \text{ mk} \end{aligned}$$

#### POISTOLAJITTELU/MASSAPUUT

Kuorimalaitoksella lajitellaan pois keskimäärin  $6\,200 \text{ m}^3$  tukkia vuodessa. Poistolajittelun aiheuttama vuosittainen laatukustannus on laskettu kaavan 7 avulla.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus poistolajitelluista puista} &= 6\,200 \text{ m}^3/\text{vuosi} * \\ (331-225) \text{ mk/m}^3 &= 657\,200 \text{ mk} \end{aligned}$$

#### 6.1.7 Saha

#### YLISUURET TUKIT SAHAAN

Päälinjan sahauksessa ylisuurten tukkien joutuminen sahaan ei aiheuta ongelmia. On todettu, että pientukkilinjalla liian suuri tukki aiheuttaa noin 10 minuutin pituisen seisauksen keskimäärin 3 - 4 kertaa viikossa. Syntyvä laatukustannus voidaan laskea kaavalla 8.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus sahaan joutuvista ylisuurista tukeista} &= \\ 4 \text{ kpl/viikko} * 45 \text{ viikkoa} * 10 \text{ min/kpl} * 13000 \text{ mk/h} &= \\ 390\,000 \text{ mk} \end{aligned}$$

MITTAVIRHEET

Mittavirheet eivät aiheuta ongelmia sahauksessa kuin hetkellisesti. Mittavirheistä johtuvia seisokkeja tai kappaleiden hylkäämisiä ei ole merkittävästi. Mittavirheiden vaikutusta tuotannon loppupäässä olisi kuitenkin tarkasteltava lähemmin ja syntyvä laatukustannus laskettava. Erityisesti mahdollisen ylیمان vaikutus tulisi tarkistaa.

Mittavirheistä aiheutuneet maksetut reklamaatiot ovat kohdassa *Reklamaatiot* ja ne laskettu mukaan sahausosaston reklamaatioihin.

ASETTEEN-JA TERÄVAIHDOT

Terävaihto seisauttaa sahan normaalitilanteessa 7 minuutiksi. Yllättävissä rikkoutumissa saha seisoo keskimäärin 26 minuuttia (Operatöörien päiväkirja, ajalla 8/96 - 10/96). Rauta tai muu vieras esine aiheuttaa päälinjalla viikossa 2-3 rikkoutumista, terän repeämä tai väsyminen 2-3 rikkoutumista ja terä katkeaa noin 1 kertaa kuukaudessa. Laatukustannukset rikkoutuneiden terien vaihdosta on laskettu kaavalla 9.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus ylimääräisistä terä- ja asetteenvaihdoista} = \\ (6 \text{ kpl/vko} * 45 \text{ vko} * 7 \text{ min}) + 1 \text{ kpl/kk} * 11 \text{ kk} * 26 \text{ min} * 25 \\ 000 \text{ mk/h} = 906\,666 \text{ mk} \end{aligned}$$

Jos suunniteltujen asetteen ja teränvaihtojen aiheuttamaa seisokkia pystytään nopeuttamaan yhdellä minuutilla, säästetään vuodessa

$$\begin{aligned} \text{Terävaihtojen nopeuttamisesta aiheutuva säästö} = 440 \\ \text{kpl/vuosi} * 1/60 \text{ min} * 25\,000 \text{ mk/h} + 110 \text{ kpl/vuosi} * 1/60 \text{ min} * \\ 13\,000 \text{ mk/h} = 183\,333 \text{ mk} + 23\,833 \text{ mk} = 207\,166 \text{ mk} \end{aligned}$$

TÄYTTÖASTE LINJALLA

Päälinjan maksimikapasiteetti on 780 tukkia tunnissa. Keskimääräinen sahausnopeus on 540 tukkia tunnissa. Täyttöaste lasketaan kaavalla 10.



$$\text{Täyttöaste} = 540/780 = 69 \%$$

Täyttöasteen voidaan ajatella nousevan 80 %:iin vuositasolla, mikäli tuotantoa tehostetaan. Kaavalla 11 voidaan laskea nostamispotentiaali.

$$\text{Täyttöasteen nostamispotentiaali (\%-yksikköä)} = 80 - 69 = 11 \%$$

Voidaan siis ajatella, että nykytilanteessa 11 %-yksikköä eli 16 % ajasta päälinjalta sahataan ylimääräistä ilmaa. Mikäli täyttöastetta saadaan nostettua, pientukkijonon käyttötarve laskee. Laatukustannus tästä ilman sahaamisesta on laskettu kaavoilla 12 ja 13.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus käyntihäiriöistä (1)} &= 540 \text{ tukki-kpl/h} * 0,226 \\ &\text{m}^3/\text{kpl} * (1/2,22) * 0,16 * 7,25 \text{ h/vuoro} * 3 \text{ vuoroa/päivä} * \\ &240 \text{ työpäivää/vuosi} * (860 \text{ mk/m}^3 - 331 \text{ mk/m}^3 * 2,22) \\ &= 5\,707\,000 \text{ mk} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus käyntihäiriöistä (2)} &= 0,16 * 7,2 \text{ h/vuoro} * 3 \\ &\text{vuoroa/päivä} * 240 \text{ työpäivää/vuosi} * 25\,000 \text{ mk/h} = \\ &20\,736\,000 \text{ mk} \end{aligned}$$

Kustannuksen suuruus vaihtelee siis huomattavasti laskutavan vaihdellessa. Tarkimman tuloksen sahalinjan nykyisestä käyttösuhteesta saisi, mikäli kaikki sahalinjan pysähdykset kirjattaisiin sahan tietojärjestelmään. Jos myös pienhäiriöt kirjautuisivat, voisi käyttösuhteen laskea seuraavalla kaavalla.

$$\text{Täyttöaste} = \frac{\text{kokonaiskäyntiaika (h/tarkkailtava ajanjakso)}}{\text{työaika (h/tarkkailtava ajanjakso)}}$$

Todellisia säästöjä saataisiin aikaan tilanteessa, jossa voitaisiin vähentää nykyisiä sahausvuoroja, esimerkiksi pientukkijonon käyttöä. Nykytilanteessa päälinjalla sahataan 540 tukkia/h. Mikäli tilanne voitaisiin parantaa koko nostamispotentiaaliverran, olisi uusi tunnissa sahattava tukkimäärä:

$$540 \text{ tukkia/h} * 1,16 = 626,4 \text{ tukkia/h}$$

Tämä tarkoittaa vuosittaisena sahauskapasiteettina (mikäli koko tuotanto sahataan päälinjalla nykyisessä 3/5 työaikamuodossa):

$$626,4 \text{ tukki-kpl/h} * 0,226 \text{ m}^3/\text{kpl} * (1/2,22) * 7,25 \text{ h/vuoro} * 3 \\ \text{vuoroa/päivä} * 240 \text{ työpäivää/vuosi} = 333\,000 \text{ m}^3$$

Tämä määrä ei vielä riittäisi korvaamaan sahan nykyistä tuotantoa. Jos nykyisen tilanteen lisäksi tauoilla olisi mahdollista käyttää vuorottajia, voitaisiin päälinjalla sahata:

$$626,4 \text{ tukki-kpl/h} * 0,226 \text{ m}^3/\text{kpl} * (1/2,22) * 8 \text{ h/vuoro} * 3 \\ \text{vuoroa/päivä} * 240 \text{ työpäivää/vuosi} = 367\,000 \text{ m}^3$$

Jos vuoroja olisi käytössä nykyisen 15 sijasta 18, toisin sanoen työaikamuoto olisi 3/6, voitaisiin vuorottajaa käyttäen sahata:

$$626,4 \text{ tukki-kpl/h} * 0,226 \text{ m}^3/\text{kpl} * (1/2,22) * 8 \text{ h/vuoro} * 18 \\ \text{vuoroa/viikko} * 48 \text{ työviikkoa/vuosi} = 440\,000 \text{ m}^3$$

Tämä ei laskisi työvoimakustannuksia, mutta tuotantoa selkeyttämällä tehostaisi toimintaa nykyisestä. Etuja saavutettaisiin mm. ylläpitokustannuksien pienenemisellä ja materiaalivirtojen yksinkertaistumisella. Lisäksi tuotannon ohjaus ja suunnittelu helpottuisivat nykyisestä.

#### SÄRMIIEN MITTA- JA OPTIMOINTIVIRHEET SEKÄ TRIMMERIN TOIMINTA

Vajaasärmät ovat merkittävän särmien tekemä virhe. Vajaasärmät johtuvat enimmäkseen vanhentuneesta tekniikasta ja osittain vääristä työtavoista. Jos sahatavarakappale on särmässä väärin päin kappale todennäköisesti särmätään väärin. Särmät särmäävät kappaleita myös kapeammiksi kuin optimisärmäystulos edellyttäisi.

Eri arvioiden mukaan väärin särmättyjä kappaleita on 2,5 %:ista 25 %:iin. Tässä laskelmassa on arvioitu, että nyt särmätään 10 % väärin ja näistä 10 %:ista saadaan keskimäärin 200 mk/m<sup>3</sup> vähemmän. Keskihinnan alenema on asetettu mah-

dollisimman alhaiseksi varovaisuusperiaatteen mukaisesti. Todellisuudessa osa lautatavarasta vaurioituu niin pahoin, että sen arvo alenee jopa 700 mk/ m<sup>3</sup> kun taas osan arvo alenee vain 100 mk/m<sup>3</sup>. Laatukustannus väärin särmätyistä kappaleista on laskettu kaavan 14 avulla.

*Laatukustannus väärin särmätyistä kappaleista = 127 000 m<sup>3</sup>*  
*\* 0,10 \* 200 mk/ m<sup>3</sup> = 2 533 000 mk*

Taulukossa 17 on esitetty neljä eri vaihtoehtoa väärin särmätyjen kappaleiden aiheuttamasta laatukustannuksesta kahdella eri arvonaleneman hinnalla.

Taulukko 17. Väärinsärmäyksen laatukustannus eri vaurio-%:lla ja arvonalenemalla

Vaihtoehto No.	Vaurio-%	Arvon alenema mk/m3	Laatukustannus mk/vuosi
1	10	500	6 333 000
2	5	200	1 267 000
3	5	500	3 167 000
4	2,5	500	1 583 000

Trimmeri on aikaisemmin ollut prosessin pullonkaula jatkuvan rikkoutumisen vuoksi. Kesäseisokin aikana tehdyt korjaukset ovat vähentäneet ongelmia tuntu-  
vasti. Tämän myötä myös kunnossapitokustannukset ovat pienentyneet.

SUOJAKASTELU

Vuosittainen Sineston käytön kustannus on 1 100 000 mk. Sinestolla suojataan koko sahan tuotanto kesäkuukausien ajan. Koska rimapaketit joutuvat seisomaan merkävälivarastossa pitkiä aikoja, ei kaikkea Sineston käyttöä voida poistaa. Sydäntavarapakettien seisonta-aika on kuitenkin huomattavasti lyhyempi, joten niiden suojakastelu on nykytilanteessa tarpeetonta. Jos ainoastaan kaikki lautatavara ja Pikisaareen kuljetettava sydäntavara käsitellään, voidaan noin puolet suojakas-  
telusta lopettaa. Tämä tarkoittaa, että Sineston kulutus laskee noin 30 %. Ylimääräisestä suojakäsittelystä syntyvä kustannus on laskettu kaavalla 15.



$$\text{Laatukustannus ylimääräisestä suojakäsittelystä} = 1\,100\,000$$
$$\text{mk} \cdot 0,30 = 330\,000 \text{ mk}$$

6.1.8 Kuivaamo

TRUKKIKÄSITTELYN RIKKOUTUMISKUSTANNUKSET

Trukkikäsitelyssä arvioidaan vaurioituvan puoli kerrosta jokaisesta lautatavarari-mapaketista. Tästä määrästä ajatellaan 20 %:n vaurioituvan niin pahoin, että se joudutaan hakettamaan. Loput ajatellaan pystyttävän myymään 200 mk halvem-malla kuutio hinnalla. Vaurioituvan lautatavaran määrä on laskettu kaavalla 16. Aiheutuva laatukustannus on laskettu kaavalla 17.

$$\text{Vaurioituvan lautatavaran määrä} = 127\,000 \text{ m}^3 / \text{vuosi} \cdot 10$$
$$\text{kpl/pkt} / (25 \text{ kerros/pkt} \cdot 20 \text{ kpl/kerros}) = 2\,540 \text{ m}^3 / \text{vuosi}$$

$$\text{Trukkikäsitelyn laatukustannus} = 0,20 \cdot 2\,540 \text{ m}^3 \cdot 500 \text{ mk/m}^3$$
$$+ 0,80 \cdot 2\,540 \text{ m}^3 \cdot 200 \text{ mk/m}^3 = 660\,400 \text{ mk}$$

Tämä laskettu laatukustannus vastaa 2 % lautatavaran vuosittaista vaurioitumista trukkikäsitelyssä. Taulukossa 17 on esitetty neljä eri vaihtoehtoista kustan-nusta, kun vaurioituvan lautatavaran määrä ja vaurion aiheuttama arvonalenema vaihtelee.

Taulukko 18. Trukkikäsitelyssä vaurioituvan lautatavaran aiheuttaman kustan-nuksen vaihtelu

Vaihtoehto	Vaurio-%	Arvon alenema (20 %/80%)	Laatukustannus
No.		mk/m <sup>3</sup>	mk/vuosi
1	1	500/200	330 000
2	2	500/500	1 267 000
3	5	500/200	1 647 000
4	5	500/500	3 167 000

### ONGELMAT KUIVAUKSESSA

Kuivausvirheet johtuvat usein alkukosteuksien vaihtelusta. Alkukosteudet vaihtelevat rimapaketissa suuresti. Syitä ovat esimerkiksi auringon paahde, vesisade, tuuli ja tukkien vesivarastointi. Kuivausvirheitä ovat kuivaushalkeamien syntyminen, loppukosteuksien vaihtelu sekä sahatavarakappaleiden rikkoutuminen kuivauksen aikana.

Kuivauksen aikana rikkoutuneiden kappaleiden aiheuttama laatukustannus on laskettu kaavan 18 avulla. Rikkoutuneisiin kappaleisiin ei ole laskettu trukkiirroissa rikkoutuneita kappaleita.

Sahatavaraa arvioidaan vaurioituvan  $1000 \text{ m}^3$ :ä vuodessa. Laatukustannus on laskettu siten että kaikki rikkoutuneet kappaleet joudutaan hakettamaan. Kuivan hakkeen laatuarvo on keskimäärin 90.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus kuivaamoilla rikkoutuvista sahatavara-} \\ \text{kappaleista} = 1000 \text{ m}^3 * (756 \text{ mk/m}^3 - 224,5 \text{ mk/m}^3 * 0,90) = \\ 553\,500 \text{ mk} \end{aligned}$$

Kamarien kunnosta johtuvat laatukustannukset on tässä tutkimuksessa jätetty selvittämättä.

### UUELLEENKUIVAUS

Rimapaketeista joudutaan kastumisen vuoksi kuivaamaan uudestaan noin  $1000 \text{ m}^3$ :ä vuodessa. Uudelleenkuivauksen laskennallinen hinta on  $60 \text{ mk/m}^3$ . Uudelleenkuivauksen aiheuttama laatukustannus on laskettu kaavalla 19.

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus uudelleenkuivauksesta} = 1000 \text{ m}^3/\text{vuosi} * 60 \\ \text{mk/m}^3 = 60\,000 \text{ mk} \end{aligned}$$

### KUIVAAMOIDEN KÄYNTIASTE

Kuivaamot toimivat nykytilanteessa lähes täydellä kapasiteetilla. Märkävälivarasto on aina riittävän iso, jotta kuivaukseen riittää tarpeeksi tavaraa. Täyttöastetta

alentavat erikoiskuivattavat paketit sekä pienet sahauserät silloin, kun kuivauskuormaa ei saada täyteen. Satunnaisesti myös trukkien ylikuormitus pidentää kuivaamon täyttöaikaa.

#### VÄLIVARASTOINNIN PÄÄOMAKUSTANNUKSET

Välivarastoinnista lasketaan aiheutuvan ylimääräisiä pääomakustannuksia silloin, kun varastossa on enemmän kuin 12 000 m<sup>3</sup>:ä rimapaketteja. Syntynyt laatukustannus on laskettu kaavalla 20. Kaavassa merkitty ylimääräinen välivarasto on viikottainen ylimääräinen välivarasto, joka on ilmoitettu perustuotannon viikkoraportissa. Vuoden 1996 ensimmäisten 47:n viikon tilanne on kerrottu luvulla <sup>52</sup>/<sub>47</sub>, jotta on saatu koko vuotta vastaava tilanne. Taulukossa 19 on esitetty välivarastoinnista aiheutuva laatukustannus vuosina 1995 ja 1996 sekä näistä laskettu keskimääräinen laatukustannus.

$$\text{Pääomakustannus rimapakettien varastoinnista} = \text{ylimääräinen välivarasto } m^3 * 756 \text{ mk}/m^3 * 0,085$$

Taulukko 19. Välivaraston laatukustannukset vuosina 1995 ja 1996

Vuosi	mk
1995	422 775
1996	132 164
Keskimäärin	277 470

#### VÄLIVARASTON HALLINTA JA SEURANTA

Välivaraston hallinta on nykyisellään hankalaa. Välivaraston suuruus ja varastotilan hajanaisuus hankaloittavat kokonaiskuvan muodostamista. Nykytilanteessa on hyvin vaikea toimia FIFO-periaatteella. Laadun aleneminen välivarastoinnissa lisääntyy varaston suurenemisen myötä.



### 6.1.9 Lajittelu- ja paketointilaitokset

#### LAJITTELULINJAT

Nykytilanteessa sahalla on siis käytössä kaksi lajittelulinjaa, vaikka koko tuotanto voitaisiinkin ajaa yhdellä linjalla.

Vanhemman, PlanSellin linjan, etuja on sen antama mahdollisuus lajitella lautatavara seitsemään eri laatuun. Lautatavara voidaan siis paremmin lajitella myös asiakaslaatuihin PlanSellin linjalla. Lisäksi vapaatahtinen lajittelulinja on lajittelijalle miellyttävämpi ja antaa tarkemman lajittelutuloksen, kun lajittelijalla on mahdollisuus miettiä oikeata laatua vaikeimmissa tapauksissa. Nykyinen kahden linjan tilanne antaa myös mahdollisuuden lajitella kahdessa vuorossa kolmen sijasta.

Nykytilanteen haittapuolia on tuotannon mutkistuminen kahden lajittelulinjan myötä. Tuotannon selkeydyttyä usein sen ohjaus tehostuu ja läpimenoajat laskevat. (Harmon et. al. 1993) Lisäksi mikäli toisen lajittelulaitoksen käyttö lopetettaisiin, ylläpitokustannukset laskisivat. Lajittelulaitoksen tilalle voitaisiin varastoida rimapaketteja nykyisen ulkovarastoinnin sijasta. Tämä vähentäisi kuivausvirheitä ja mahdollisia kuivausreklamaatioita.

#### UUELLEENAJOT

Vuosittain uudelleenajoja on noin  $50\,000\text{ m}^3$ . Uudelleenajon laskennallinen kustannus on  $100\text{ mk/m}^3$ . Vuoden 1996 uudelleenajojen määrässä ei ole huomioitu laadun alenemisesta aiheutuvaa uudelleenajoa, joka on mukana Helsingin yliopiston Metsäekonomian laitokselle tehdyssä gradutyössä. Laatukustannus on laskettu kaavalla 21.

$$\begin{aligned}\text{Laatukustannus uudelleenajosta} &= 50\,000\text{ m}^3 * 100\text{ mk/m}^3 = \\ &5\,000\,000\text{ mk}\end{aligned}$$

Koska uudelleenajojen määrä on laskettu vuoden 1996 seitsemän enimmäisen kuukauden mukaan, ei tilanne todennäköisesti täysin täsmää vuoden 1996 lopun tilannetta. Vuoden 1996 aikana uudelleenajojen vähentämiseksi on tehty paljon työtä. Pakettikokoja on muutettu ja oletuspakettimuoto tarkistettu. Oletuspakettimuodolla tarkoitetaan määräystä miten sahatavara paketoidaan, mikäli sen ostajaa ei paketoinnissa vielä tiedetä.

#### 6.1.10 Muut

#### SAHATAVARAKAPPALEIDEN RIKKOUTUMINEN PROSESSISSA

Koska prosessissa rikkoutuvien kappaleiden määrää on erittäin vaikea mitata, on haastattelujen pohjalta arvioitu, että 4 % sahatavarakappaleista vaurioituu. Vaurioituneiden kappaleiden arvon arvioidaan alenevan  $200 \text{ mk/m}^3$ . Laatukustannus prosessissa vaurioituvista kappaleista on laskettu kaavan 22 avulla.

*Laatukustannus prosessissa vaurioituvista kappaleista =*

$$380\,000 \text{ m}^3 * 0,04 * 200 \text{ mk/m}^3 = 3\,040\,000 \text{ mk}$$

Taulukossa 20 on esitetty laatukustannuksen suuruuden vaihtelu vaurioituvan sahatavaran määrän ja vaurion aiheuttaman arvon aleneman muuttuessa.

Taulukko 20. Laatukustannuksen suuruuden vaihtelu vaurioituvan sahatavaramäärän ja hinnanaleneman vaihdellessa

Vaihtoehto No.	Vaurio-%	Arvon alenema $\text{mk/m}^3$	Laatukustannus $\text{mk/vuosi}$
1	4	500	7 600 000
2	8	200	3 800 000
3	8	500	15 200 000
4	2	500	3 800 000

PALKKAUSTAVAN VAIKUTUS

Käytetty urakkapalkkaustapa ei aina kannusta tekemään parasta laatua. Parempi palkkaustapa olisi sellainen, joka oikeudenmukaisesti ottaisi huomioon työntekijän tekemän työn laadun ja määrän. Toimivaa laatuun perustuvaa palkkaustapaa on usein hankala muodostaa.

HÄIRIÖT

Laatukustannus yhdestä häiriöprosentista sahalinjoilla on laskettu kaavan 23 sekä kaavan 24 avulla. Kaavalla 23 laskettaessa on arvioitu, että 83 % (Vuosikertomus 1995) tuotannosta sahataan päälinjalla ja loput pientukkilinjalla.

Pääsahalinja

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus yhdestä häiriöprosentista (1)} &= 0,83 * \\ 380\,000 \text{ m}^3 * 0,01 * (756 \text{ mk/m}^3 - (331 \text{ mk/m}^3 * 2,22)) &= \\ 69\,432 \text{ mk} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus yhdestä häiriöprosentista (2)} &= 0,01 * 7,25 \\ \text{h/vuoro} * 3 \text{ vuoro/päivä} * 240 \text{ päivää/vuosi} * 25\,000 \text{ mk/h} &= \\ 1\,305\,000 \text{ mk} \end{aligned}$$

Pientukkilinja

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus yhdestä häiriöprosentista (1)} &= 0,17 * 380\,000 \\ \text{m}^3 * 0,01 * (756 \text{ mk/m}^3 - (331 \text{ mk/m}^3 * 2,22)) &= 14\,212 \text{ mk} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laatukustannus yhdestä häiriöprosentista (2)} &= 0,01 * 7,25 \\ \text{h/vuoro} * 240 \text{ päivää/vuosi} * 13\,000 \text{ mk/h} &= 226\,200 \text{ mk} \end{aligned}$$

Käytettäessä eri kaavoja laatukustannuksen suuruus vaihtelee suuresti. Todennäköisesti lähempänä todellista kustannusta on kaavalla 23 laskettu laatukustannus, koska sahalinjan häiriöhintaa määriteltäessä käytetty sahatavaran hinta on lähempänä todellista kuin kaavassa 22 käytetty hinta.



### SAHAUSERÄN KOON VAIKUTUS TUOTANTOKUSTANNUKSIIN

Sahauserän koko vaikuttaa sekä suoraan tuotantokustannuksiin, että häiriöiden määrään. Esimerkiksi kokonaistuotantokustannukset on laskettu siten, että sahataan  $6\,000\text{ m}^3$ :ä sahatavaraa yhdessä erässä tai kolmessa  $2\,000\text{ m}^3$ :n erässä.

Tuotantokustannukset:

1. Asetteenvaihtoon kuluu keskimäärin seitsemän minuuttia. Kun  $600\,000\text{ m}^3$ :a sahataan yhdessä erässä, asetteenvaihtoja on ainoastaan yksi. Kolmessa erässä sahattaessa asetteenvaihtoja on kolme kappaletta. Kukin asetteenvaihto aiheuttaa kustannuksen, jonka suuruus on:  $1 \cdot (7/60)\text{ h} \cdot 25\,00\text{ mk/h} = 3\,000\text{ mk}$ .
2. Kuivauksen aiheuttama kustannus on nykytuotannolla  $60\text{ mk/m}^3$ . Mikäli pystytään sahaamaan pidempiä sarjoja, kuivauksen odotetaan tehostuvan. Erityisesti kuivauskuormien ajatellaan kasvavan ja kuivaamojen täyttö nopeutuisi siten, että pidempiä sarjoja sahattaessa kuivauskustannukset laskisivat 5 %. Kuivauksen kustannus olisi siis  $0,95 \cdot 60\text{ mk/m}^3 = 57\text{ mk/m}^3$ .
3. Uudelleenajoja on nykytuotannolla 5 % tuotannosta. Pidempiä sarjoja sahattaessa uudelleenajot todennäköisesti vähenevät kolmannekseen. Uudelleenajon kustannus on  $100\text{ mk/m}^3$ .

Tuotantokustannukset on esitetty taulukossa 21.

Taulukko 21. Tuotantokustannukset sahattaessa 6 000 m<sup>3</sup>:ä yhdessä tai kolmessa erässä

KOHTA		1 ERÄ		3 ERÄÄ	
		KUSTANNUS	mk/m <sup>3</sup>	KUSTANNUS	mk/m <sup>3</sup>
1	Asetteen-vaihto	1 * 7 min * 25 000 mk/h = 2916 mk	0,50	3 * 7 min * 25 000 mk/h = 8750 mk	1,50
2	Kuivaus	0,95 * 60 mk/m <sup>3</sup> =	57	60 mk/m <sup>3</sup>	60
3	Uudelleen-ajo	1/3 * 30 000 mk = 10 000 mk	1,70	5 % tuotannosta = 0,05 * 6000 m <sup>3</sup> * 100 mk/m <sup>3</sup> = 30 000 mk	5

Ero tuotantokustannuksissa on esitetty taulukossa 22.

Taulukko 22. Ero tuotantokustannuksissa

	mk/m <sup>3</sup>
Asetteenvaihto	1,00
Kuivaus	3,00
Uudelleenajot	3,30
Yhteensä	7,30

Häiriöiden väheneminen

Sahalinjan häiriöiden arvioidaan vähenevän 2,5 %-yksikköä ja lajittelulaitoksella 3 %-yksikköä. Taulukossa 23 on esitetty häiriöiden vaikutus tuotantokustannuksiin.

Taulukko 23. Häiriöiden pienenemisen vaikutus tuotantokustannuksiin

	Nykytilanne	Parannettu tilanne
Sahalinjalla sahataan (m <sup>3</sup> /h)	65	1,025 * 65 = 67
Kustannukset (mk/m <sup>3</sup> )	385	375
Lajittelun kustannus (mk/m <sup>3</sup> )	100	97

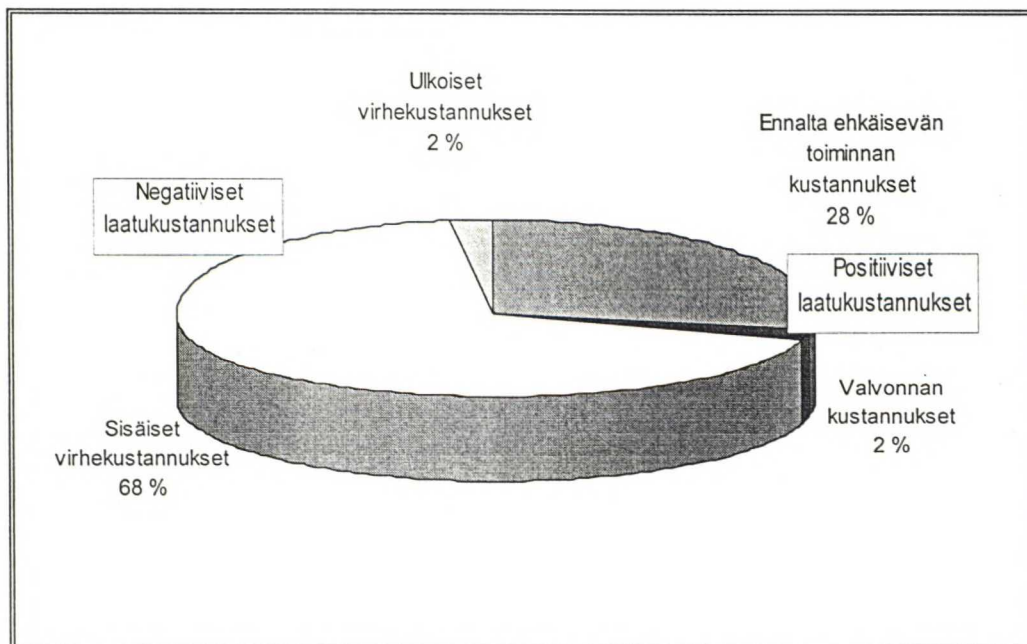
Kustannukset ovat siis sahauksessa noin  $7 \text{ mk/m}^3$  ja lajittelussa  $3 \text{ mk/m}^3$  edullisemmat sahattaessa suurempia eriä.

### Kokonaistuotantokustannukset

Kaiken kaikkiaan tuotantokustannukset ovat noin  $10 \text{ mk/m}^3$  edullisemmat tarkastellussa esimerkissä, kun sahatavara sahataan yhdessä erässä. Tämä tarkoittaa sitä, että jos koko sahan vuosituotannosta 5 % voitaisiin sahata suuremmissa sahauserissä vuosittainen säästö olisi 190 000 mk.

## 6.2 Tuotannon kokonaislaatukustannukset

Tässä tutkimuksessa selvitetty tuotannon laatukustannukset jakautuvat eri laatukustannuslajeihin kuvassa 11 esitetyllä tavalla. Mikäli jonkun laatukustannuksen suuruutta on arvioitu useilla tavoilla, on mukaan otettu ainoastaan tapa, jota on pidetty lähimpänä todellista kustannusta.



Kuva 11. Laatukustannusten jakautuminen kustannuslajeittain vuonna 1996

Kuvassa laatukustannukset on jaettu paitsi perinteisellä nelijaolla myös positiivisiin ja negatiivisiin laatukustannuksiin. Negatiiviset laatukustannukset ovat 70 %



kaikista kustannuksista, positiiviset 30 %. Tarkasteltaessa tuotannon laatukustannuksia voidaan havaita, että laatukustannusten jakautuminen vastaa paljon kirjallisuudessa esitettyä laatukustannusten jakautumista. Esimerkiksi kuvassa 9 esitetysässä mallissa virhekustannukset ovat yhteensä 60 %, tämän tutkimuksen tapauksessa 70 %.

Kappaleissa 6.1.2 ... 6.1.10 lasketut tuotannon kokonaislaatukustannukset on esitetty taulukossa 24.

Taulukko 24. Tuotannon kokonaislaatukustannukset 1996

Kustannuslaji	Laatukustannus	
	mk/vuosi	mk/m <sup>3</sup>
<b>ENNALTA EHKÄISEVÄN TOIMINNAN KUSTANNUKSET, YHTEENSÄ</b>	<b>8 870 000</b>	<b>23,34</b>
Laatujärjestelmän ylläpito	541 000	1,42
Sisäiset auditoinnit	74 000	0,19
Ulkoiset auditoinnit	40 000	0,11
Koulutuskustannukset	281 000	0,74
Asiakastytyväisyyskysely	10 000	0,03
Toimittaja-auditoinnit	20 000	0,05
Ennakkohuolto	7 904 000	20,80
<b>VALVONNAN KUSTANNUKSET, YHTEENSÄ</b>	<b>600 000</b>	<b>1,58</b>
<b>ULKOISET VIRHEKUSTANNUKSET, YHTEENSÄ</b>	<b>681 000</b>	<b>1,79</b>
Reklamaatiot	644 000	1,69
Reklamaatioiden käsittely	37 000	0,10
<b>SISÄISET VIRHEKUSTANNUKSET, YHTEENSÄ</b>	<b>21 287 000</b>	<b>56,31</b>
<u>Tukkilajittelu</u>	<u>1 941 000</u>	<u>5,11</u>
Tukkivaraston koko	64 000	0,17
Raackipuu-%	1 549 000	4,08
Rautapuut	328 000	0,86

<u>Kuorimo</u>	<u>1 397 000</u>	<u>3,68</u>
Kuorimakoneen rikkomat tukit	740 000	1,95
Poistolajittelu	657 000	1,73
<u>Saha</u>	<u>8 570 000</u>	<u>22,55</u>
Käyntihäiriöt	5 707 000	13,95
Väärin särmäys	2 533 000	6,67
Ylimääräinen suojakastelu	330 000	0,87
<u>Kuivaus</u>	<u>1 339 000</u>	<u>3,52</u>
Trukkikäsitelyssä rikkoutuva sahatavara	593 000	1,56
Ongelmat kuivauksessa	554 000	1,46
Uudelleenkuivaus	60 000	0,16
Välivarastoinnin pääomakustannus	132 000	0,35
<u>Lajittelu</u>	<u>5 000 000</u>	<u>13,16</u>
Uudelleenajot	5 000 000	13,16
<u>Muut</u>	<u>3 040 000</u>	<u>8,00</u>
Sahatavaran rikkoutuminen prosessissa	3 040 000	8,00
<b>KAIKKI YHTEENSÄ</b>	<b>31 438 000</b>	<b>82,73</b>

Kaukaan sahan tuotannon laatukustannukset vuonna 1996 ovat siis tämän tutkimuksen mukaan noin 31 438 000 mk. Laatukustannukset sahatavarakuutiota kohden ovat noin 83 mk.

#### OSUUS LIIKEVAIHDOSTA

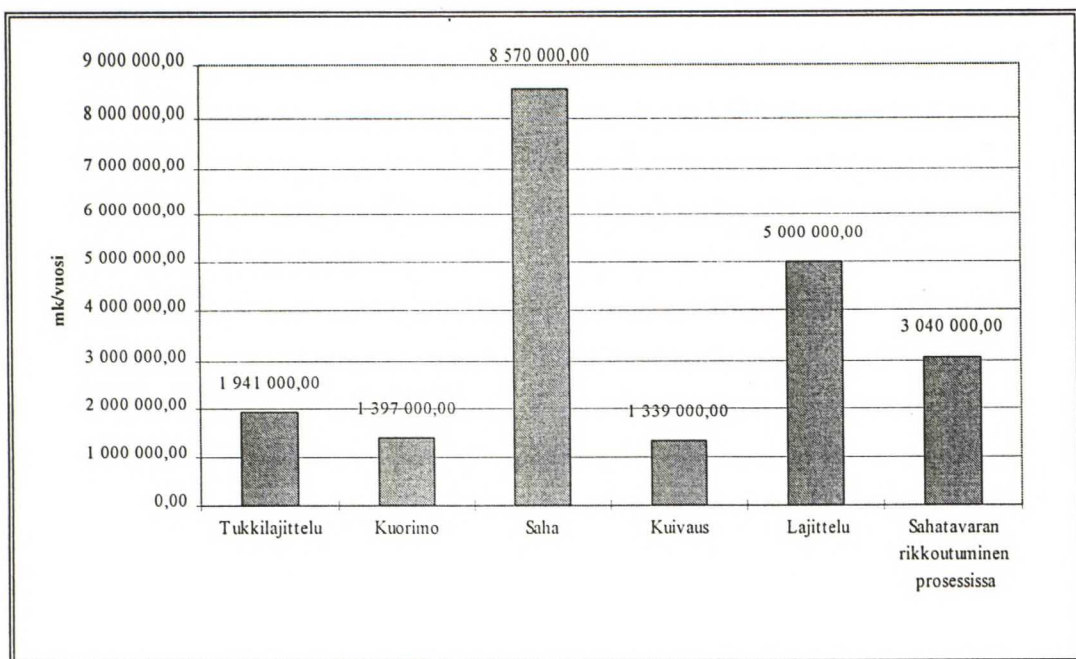
Tässä tutkimuksessa selvitettyt laatukustannukset ovat 7,9 % liikevaihdosta, kun liikevaihto on 400 Mmk. Koska tässä tutkimuksessa on keskitytty ainoastaan tuotannon laatukustannuksiin, ei kokonaistilanne ole selvillä. Todennäköisesti kokonaislaatukustannukset nousevat hieman yli kymmeneen prosenttiin liikevaihdosta. Tämä noudattaa kirjallisuudessa esitettyjä lukuja laatukustannusten suuruudesta.

### LAATUKUSTANNUKSET HENKILÖTYÖTUNTIA KOHDEN

Sahalla on vuonna 1995 tehty noin 435 000 henkilötyötuntia. Laatukustannukset henkilötyötuntia kohden ovat noin 72 mk.

### SISÄISTEN VIRHEKUSTANNUSTEN JAKAUTUMINEN

Koska sisäiset virhekustannukset muodostivat selvästi suurimman osan eli 68 % kaikista laatukustannuksista, on niiden jakautumista tarkasteltu lähemmin. Sisäiset virhekustannukset jakautuvat osastoittain kuvassa 13 esitetyllä tavalla.



Kuva 12. Sisäisten virhekustannusten jakautuminen osastoittain

Kuvasta voidaan selvästi havaita, että merkittävimmän osan sisäisistä laatukustannuksista aiheuttavat sahausosaston ongelmat. Lajittelun ongelmat eli käytännössä uudelleenajot ovat toiseksi suurimman osastokohtaisen virhekustannuksen aiheuttaja.

### **6.3 Merkittävimmät laatukustannukset**

Taulukossa 25 on esitetty kymmenen suurinta virhekustannusta. Taulukkoon on otettu mukaan ainoastaan sisäisten ja ulkoisten virhekustannusten eli nk. negatii-



visten laatukustannusten suurimmat ryhmät, jotta saadaan esiin tärkeimmät kohteet etsittäessä laatukustannusten pienentämiseen soveltuvia projekteja.

Koska kohdassa “Ongelmat kuivauksessa” laatukustannusta ei ole selvitetty kuin osittain, ei tähän taulukkoon ole lisätty ko. kustannusta. “Ongelmat kuivauksessa”- kohta on kuitenkin taulukoitu, jotta kuivauksen laatukustannuksen merkittävyys ei unohtuisi.

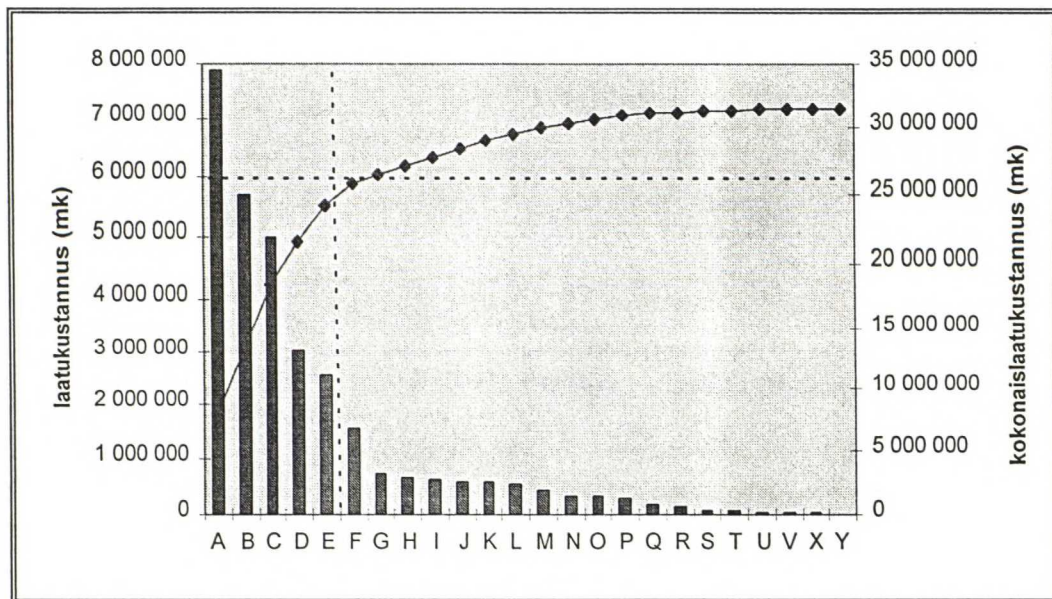
Taulukko 25. Kymmenen suurinta laatukustannusta

	Laatukustannuksen aiheuttaja	tmk/vuosi
1	Käyntihäiriöt	5 707
2	Uudelleenajot	5 000
3	Sahatavaran rikkoutuminen prosessissa	3 040
4	Väärin särmäys	2 533
5	Raakkipuu-%	1 549
6	Kuorimakoneen rikkomat tukit	740
7	Poistolajittelu	657
8	Reklamaatiot	644
9	Trukkikäsitelyssä rikkoutuva sahatavara	593
10	Ongelmat kuivauksessa	
	<b>Yhteensä</b>	<b>20 463</b>

Nämä yhdeksän suurinta laatukustannusta muodostavat 65 % koko sahan tuotannon laatukustannuksista, joten näitä laatukustannuksia pienentämällä pystytään merkittävästi pienentämään koko tuotannon laatukustannuksia. Kustannuksista selvästi suurimpia ovat käyntihäiriöiden ja uudelleenajojen kustannukset, yhteensä yli 30 % kaikista kustannuksista. *Kappaleessa 6.4 Ehdotukset laatukustannusmitareiksi ja laatukustannusten pienentämiseksi* on esitetty ehdotuksia näiden kymmenen suurimman laatukustannuksen pienentämiseksi..

PARETO-ANALYYSI

Kuvassa 14 on esitetty Pareto-kaavio tuotannon laatukustannuksista. Pareto-kaavioon on otettu mukaan kaikki, myös ennaltaehkäisy ja valvonnan, laatukustannuskohteet.



Kuva 13. Pareto-kaavio tuotannon virhekustannuksista, missä pylväät ovat kunkin yksittäisen virhetyypin kustannus ja käyrä on kumulatiivinen laatukustannuskäyrä. Vaakasuora viiva kertoo missä kohtaa on 80 % kustannuksista ja pystysuora viiva 20 % tapauksista. Kuvassa virhetyypit A on Ennakkohuolto, B Käyntihäiriöt, C Uudelleenajot, D Sahatavaran rikkoutuminen prosessissa, E Väärin särmäys, F, Raakkipuu-%, G Kuorimakoneen rikkomat tukit, H Poistolajittelu, I Reklamaatiot, J Valvonnan kustannukset, K Trukkikäsittelyssä rikkoutuva sahatavara, L Ongelmat kuivauksessa, M Laatujärjestelmän ylläpito, N Ylimääräinen suojakastelu, O Rautapuut, P Koulutuskustannukset, Q Uudelleen kuivaus, R Välivarastoinnin pääomakustannus, S Sisäiset auditoinnit, T Tukkivaraston koko, U Reklamaatioiden käsittely, V Ulkoiset auditoinnit, X Toimittaja-auditoinnit ja Y Asiakastytyväisyyskysely

Kuvasta voidaan havaita, että myös Kaukaan sahan tuotannon laatukustannuksia tarkasteltaessa 20/80- sääntö, siis 20 %, eli noin 5 kappaletta, tapauksista aiheuttaa 80 %, eli noin 25 000 000 mk, kustannuksista pitää paikkaansa.

### HUOMIOITA TULOKSISTA

Laskettaessa laatukustannuksia ei käytettävissä ole ollut valmista standardia tai hmuuta hyväksyttyä mallia, jonka mukaan sahan laatukustannukset lasketaan. Eri laatukustannuskohteita voidaankin määrittää useilla tavoilla, joista parhaita ei välttämättä ole keksitty tätä tutkimusta tehtäessä. Niinpä saattaakin olla, että joistain kaavoista, joita tässä on käytetty voidaan olla hyvinkin montaa mieltä. Laatukustannuksen suuruus vaihtelee varmasti eri määrittelytapoja käytettäessä. Laatukustannusten suuruuteen vaikuttavat myös esimerkiksi vaurioituneen sahatavaran määrä ja vaurion aiheuttama kustannus eri tilanteissa. Kaikkia käytettyjä lukuja ei ole aikaisemmin tarvittu, joten niitä ei seurata. Tämän vuoksi on jouduttu joidenkin kustannusten osalta turvautumaan arvioon. Nämä arviot saattavat jonkin verran poiketa totuudesta. Käytettyjen kaavojen mahdollisesta epäsoveluudesta ja arvioiden epätarkkuudesta huolimatta saadut laatukustannukset ovat oikeaa suuruusluokkaa.

Tämän tutkimuksen puitteissa ei ole selvitetty aivan kaikkia laatukustannuskohteita. Selvittämättä on jäänyt mahdolliset kuivauksessa syntyvät laatukustannukset sekä ylimitasta että ylilajittelusta aiheutuvat laatukustannukset. Nämä saattavat olla erittäin merkittäviä laatukustannuskohteita.

### **6.4 Ehdotukset laatukustannusmittareiksi ja laatukustannusten pienentämiseksi**

#### TOP TEN-ONGELMAT

Seuraavassa on ehdotettu mahdollista mittaria laatukustannuksen jatkuvaan seuraamiseen. Lisäksi on ehdotettu korjaavia ja ehkäiseviä toimenpiteitä kymmenen suurimman laatukustannuksen pienentämiseksi. Laatukustannusraportti, johon on kerätty suurimmat laatukustannukset on syytä koota ainakin vuosittain, kenties jopa neljännesvuosittain.



### 1. Käyntihäiriöt

Käyntihäiriöitä voidaan seurata kuukausittain tekemällä sahan tietojärjestelmään tietokanta, johon kerätään tieto sahalinjan häiriöistä. Raportti käyntihäiriöistä syineen voidaan tulostaa esimerkiksi kuukausittain. Lisäksi häiriöiden seuraamista tulisi tehostaa siten, että sahalinjan sekunninkin kestävät häiriöt raporttoisiin.

Käyntihäiriöistä aiheutuvaa laatukustannusta saadaan pienennettyä panostamalla mm. lautapuolen häiriöiden syihin. Lautapuolen ruuhkautuminen aiheuttaa suuren osan sekä kirjatuista häiriöistä että kirjautumattomista pienhäiriöistä. Myös kuorimoinvestoinnin aikana uusittava tukinsyöttö parantaa sahauksen käyntiastetta, koska nykytilanteessa sahalinjan kapasiteetti on suurempi kuin tukkien syöttö sahalinjalle.

### 1. Uudelleenajot

Uudelleenajojen määrää seurataan jo nyt. Nykyisen raportin lisäksi olisi hyvä kerätä uudelleenajojen aiheuttama kustannus muiden laatukustannusten kanssa yhteiseen laatukustannusraporttiin.

Uudelleenajoja ja samalla niistä aiheutuvaa laatukustannusta saadaan pienennettyä jo käytössä olevin keinoin: muuttamalla peräpakettien muotoa sellaiseksi, että yksi sahatavarapaketti koostuu kahdesta erillisestä paketin puolikkaasta sekä pitämällä oletuspakettimuoto ajan tasalla. Lisäksi uudelleenajoja saadaan vähennettyä yksinkertaistamalla prosessia ja parantamalla tuotannon ohjausta. Erityisesti sahauserien koon suurentamisella on vaikutusta uudelleenajojen vähentämiseen.

### 2. Sahatavaran rikkoutuminen prosessissa

Sahatavaran rikkoutumista prosessissa tulisi seurata nykyistä tarkemmin. Seuranta voitaisiin suorittaa esimerkiksi tarkkailemalla pahiten sahatavaraa rikkovien kohteiden toimintaa muutaman kerran vuodessa ja tarkkailla onko parannusta aikaisempaan tapahtunut.

Sahatavaraa rikkoutuu koko prosessin aikana, mutta erityisesti kiramoissa. Rikkoutumisen määrää saataisiinkin vähennettyä korvaamalla osa kiramoista jollakin muulla kuljettimella tai siirtämällä esimerkiksi sydäntavara kiramoiden yli suoraan lajittelulaitoksen lajittelukuljettimelle.

### 3. Väärin särmäys

Jotta pystytään seuraamaan väärin särmäyksestä aiheutuvaa laatukustannusta, pitää särmän läpi ajaa koe-erä. Koe-erän särmäystulosta verrataan arvioon, joka on tehty silmämääräisesti ennen särmäystä. Koska särmäystuloksen mittaaminen on vaikeata, ei koe-erän särmäyksiä ole järkevää järjestää kuin esimerkiksi kerran vuodessa. Erityisesti pitäisikin panostaa särmäystuloksen mittauksen ja raportoinnin parantamiseen.

Väärinsärmäyksistä valtaosa tapahtuu päälinjan särmissä. Keino poistaa nämä väärinsärmäykset on joko uusia koko päälinjan särmäys tai hyödyntää pien-tukkulinjan särmiä. Koska uusi särmäyslaitos maksaisi noin 10 - 15 Mmk, on pien-tukkulinjan särmien käyttäminen ainakin lyhyellä tähtäimellä edullisempi tapa vähentää väärin särmätyjen kappaleiden määrää.

### 4. Raakkipuu-%

Raakkipuun määrää seurataan raporteissa jo nyt. Raakkipuusta aiheutuva kustannus tulee kirjata laatukustannusraporttiin.

Raakkipuusta aiheutuvaa laatukustannusta saataisiin pienennettyä ottamalla käyttöön tukin laatumaksutapa. Jos saha maksaisi tukeista vain niiden arvon Metsäosastolle ja Metsäosasto tukinmyyjälle, ei kukaan joutuisi maksamaan liikaa. Tämä todennäköisesti myös parantaisi sahalle tulevien tukkien keskimääräistä laatua ja auttaisi parantamaan sahatavaran laatujaikaa.

### 5. Kuorimakoneen rikkomat tukit

Kuorimakoneen rikkomat tukit vähenevät varmasti merkittävästi suunnitteilla olevan kuorimoinvestoinnin toteuduttua.

## 6. Poistolajittelu

Poistolajiteltu puu vähenee huomattavasti kuoriminvestoinnin toteuduttua.

## 7. Reklamaatiot

Reklamaatioiden määrä kirjataan laatukustannusraporttiin.

Pääosan reklamaatioista aiheuttaa lajittelun ja kuivauksen virheet. Reklamaatioiden vähentämiseksi onkin päähuomio kiinnitettävä näihin ongelmiin. Tehostamalla sekä lajittelua, kuivausta että niiden valvontaa voidaan reklamaatioiden määrää vähentää. Rimapakettien sisävarastoinnilla voitaisiin todennäköisesti jonkin verran vähentää sahatavaran kosteusvaihteluista johtuvia reklamaatioita.

## 8. Trukkikäsittelyssä rikkoutuva sahatavara

Trukkikäsittelyssä rikkoutuvan sahatavaran määrä voidaan selvittää kerran vuodessa järjestettävällä trukkikuorman tarkastuksella. Pieni otos ei anna kovin tarkkaa määrää, mutta muutos aikaisempaan saadaan todennäköisesti selville. Trukkikäsittelyssä rikkoutuvan sahatavaran määrää voidaan myös arvioida seuraamalla koko prosessissa rikkoutuvan sahatavaran määrää.

Trukkikäsittelyssä rikkoutuvaa sahatavaramäärää ei voi kokonaan poistaa, mutta määrä saadaan varmasti vähenemään ainakin jonkun verran, jos trukin kuljettajia koulutetaan ja motivoidaan tekemään trukkisiirrot vieläkin huolellisemmin ja varovaisemmin.

## 10. Ongelmat kuivauksessa

Koska kuivauksen ongelmien aiheuttamaa laatukustannusta ei ole tämän tutkimuksen aikana selvitetty, olisi se selvitettävä. Aiheutuva laatukustannus voi olla erittäin merkittävä.

## MUUT

Seuraavassa on lyhyesti kommentoitu toimenpiteitä myös eräiden muiden laatukustannusten pienentämiseksi.



### Teräkirjanpito

Sahan terien ylimääräisten rikkoutumisten aiheuttamia kustannuksia saataisiin todennäköisesti jonkin verran pienennettyä, mikäli sahanterille saataisiin tehostettu rekisteröintisysteemi. Terärekisterin parannuttua terämiehet voisivat paremmin seurata terien kiertoa ja kauan kierrossa olleet terät poistettaisiin kierrosta. Näin pystyttäisiin vähentämään terän väsymisestä aiheutuvia teräriikkoja ja parantamaan sahan käyttösuhdetta.

Terärekisterin tehostamiseksi pitäisi terähuoneeseen saada PC, jossa olisi terärekisteriohjelma. Ohjelman voi joko ostaa joltakin ohjelmistotalolta tai teettää jollakin alan opiskelijalla esimerkiksi kesätyönä. Kustannukset terärekisterin tehostamiseksi koostuisivat PC:n ja sopivan ohjelman hankinnasta sekä terämiesten kouluttamisesta. Arviodut kustannukset ovat yhteensä noin 25 000 mk.

### Tuotannon yksinkertaistaminen

Tuotannon yksinkertaistaminen lopettamalla pientukkilinjan ja lajittamo kakosen käyttö sekä lopettamalla pienien erien sahaaminen helpottaisi tuotannon ohjausta. Tuotannon ohjauksen selkeydyttyä läpimenoaika lyhenisi, varaston kiertonopeus kasvaisi ja uudelleenajot vähenisivät. Nämä seikat pienentäisivät merkittävästi laatukustannuksia. Kun pientukkilinjan ja toisen lajittamon käyttö lopetettaisiin, myös ylläpito- ja korjauskustannukset pienenisivät.

### Hakkeen seulonta

Saha voisi luopua hakkeen seulonnasta lähes kokonaan, mikäli sellutehtaan kanssa päästäisiin sopimukseen. Sellulle menevästä hakkeesta olisi tärkeä erottaa liian pienet jakeet, mutta muuten hakkeen seulonta on päällekkäinen työvaihe sellutehtaan oman hakkeen seulonnan kanssa. Ylimääräisen seulonnan lopettaminen pienentäisi kunnossapitokustannuksia ja parantaisi hakkeen laatua.

### Palkkaustavan muuttaminen

Nykyinen palkkaustapa perustuu mahdollisimman suurten kappalemäärien läpimenoon. Mikäli työntekijöitä haluttaisiin kannustaa vähentämään laatukustannuksia, paras tapa olisi jakaa osa säästyneistä kustannuksista ylimääräisenä bonuksena työntekijöille. Koska bonus on kaikkein tehokkain motivoija, mikäli bonuksen saa mahdollisimman nopeasti laadun parannuttua, edellyttäisi tämä erittäin tehokasta laatukustannusten seurantajärjestelmää.

### Ylimääräisen Sineston käytön lopettaminen

Sinesto-käsittely voitaisiin kokonaan lopettaa niiltä rimapaketeilta, jotka eivät joudu seisomaan liian pitkään välivarastossa. Mikäli ylimääräinen Sinesto-käsittely lopetettaisiin, kustannukset pienenisivät noin 300 000 markkaa.

### Organisaation selkeyttäminen

Epäselvä organisaatio aiheuttaa laatukustannuksia, koska jostakin asiasta päättäminen saattaa viipyä, kun selkeää vastuuta ei ole kenelläkään. Myös tiedon kulku saattaa hankaloitua ja viivästyä. Tiedonkulun viivästyminen saattaa aiheuttaa sen, että joku muu tekee väärän päätöksen, koska hänelle ei ole tullut kaikkea asiaa koskevaa informaatiota.

### Pienhäiriöiden raportoiminen

Nykytilanteessa sahan tietojärjestelmä ei kerää tietoa pienhäiriöistä. Pienhäiriöitä saattaa kuitenkin olla jopa 30 kappaletta yhden tunnin aikana. Jos pienhäiriöiden syitä ja häiriön pituutta pystyttäisiin analysoimaan, voitaisiin kenties paikallistaa joku paljon häiriöitä aiheuttava ongelma. Ongelman löydyttyä sen pienentäminen olisi mahdollista ja tätä kautta pystyttäisiin kenties parantamaan mm. sahauksen käyntiastetta, jossa olevat ongelmat muodostavat suurimman yksittäisen virhekustannuksen.

### Raportoinnin selkeyttäminen/parantaminen

Sahan toimintaan liittyvien raporttien selkeyttäminen ja automatisointi, sekä niiden saatavuuden parantaminen auttaisivat osaltaan laatukustannusten seuraamisessa ja pienentämisessä.

Useiden raporttien laadinta saataisiin automaattiseksi tai lähes automaattiseksi, mikäli sahan tietojärjestelmän ja käytössä olevan Lotus Notesin antamia mahdollisuuksia hyödynnettäisiin paremmin. Tämä vähentäisi raporttien laatimiseen kuluva työaika ja antaisi ihmisille enemmän aikaa keskittyä tärkeämpiin työtehtäviin. Mikäli kunkin raportin viimeisin versio olisi jokaisen käytettävissä koko ajan, esimerkiksi Lotus Notesin kautta, helpottaisi se useiden työnte-koa.



## 7 YHTEENVETO

### 7.1 Laatujärjestelmät ja -kustannukset

Nykyisessä markkinatilanteessa sahojen kannattavuus kovan työn takana. Koska yksittäinen saha ei voi vaikuttaa maailmanmarkkinahintaan, on kustannuksia karsittava. Kustannuksia ei voida loputtomiin karsia resursseja pienentämällä, niinpä onkin käytettävä nykyresursseja vielä tehokkaammin, toimintaa on tehostettava. Nykytrendi yritystoiminnassa on toiminnan laadun parantaminen. Toiminnan laatua parannetaan systemaattisesti laatujärjestelmien, laatupalkintojen ja laatukustannusten seuraamisen kautta.

Laatujärjestelmän perustarkoitus on olla organisaation jatkuva projektisuunnitelma, jolla yrityksen johto toteuttaa asetettuja tavoitteita, ohjaa resursseja tarkoituksenmukaisella tavalla, seuraa ja muuttaa tarvittaessa tavoitteita ja suorituskykymitareita sekä huolehtii palautteen hankinnasta ja tehokkaasta käsittelystä ja ongelmien poistamisesta jo oireasteella. (Moisio et. al. 1996)

Laatukustannukset ovat kustannuksia, jotka syntyvät laadun varmistuksesta tai laaduttomuudesta. Laatukustannukset jaetaan neljään pääryhmään: ennaltaehkäiseviin kustannuksiin, laadunvarmistuksen kustannuksiin, ulkoisiin sekä sisäisiin virhekustannuksiin.

Ennalta ehkäisevien toimenpiteiden kustannuksiin luetaan kaikki ne kustannukset, jotka syntyvät toimenpiteissä, jotka tehdään laadun varmistamiseksi ennen kuin tuotanto on aloitettu. Valvonta- eli tarkastuskustannukset käsittävät tarkastustoiminnasta syntyvät kustannukset. Tarkastustoiminnan tarkoituksena on todeta täyttävätkö materiaali, osat ja tuotteet asetetut laatuvaatimukset.

Ulkoisiin virhekustannuksiin luetaan ne kustannukset, jotka syntyvät kun tuotteessa oleva virhe huomataan vasta, kun tuote on luovutettu asiakkaalle. Sisäiset virhekustannukset ovat ne virheistä aiheutuvat kustannukset, jotka huomataan ennen tuotteen luovuttamista asiakkaalle.

Yhdysvalloissa noin kolmannes yrityksistä laskee vuosittaiset laatukustannukset. (Quality Progress 1996) Erään tutkimuksen mukaan laatukustannukset ovat keskimäärin 10...20 % yrityksen liikevaihdosta. (Dale & Oakland 1991) Suomalaisista yrityksistä laatukustannuksia mittaa ainakin Schauman Wood.

## 7.2 Kehityskohteita laatukustannusten laskemisessa

Tämän tutkimuksen puitteissa ei ole selvitetty aivan kaikkia laatukustannuskohteita. Selvittämättä on jäänyt mahdolliset kuivauksessa syntyvät laatukustannukset sekä ylimitasta että ylilajittelusta aiheutuvat laatukustannukset. Nämä saattavat olla erittäin merkittäviä laatukustannuskohteita.

Laatukustannusten määrittämiseen sahateollisuudessa ei ole käytössä standardia missään päin maailmaa. Myöskään muilla sahoilla käytössä olevia, hyväksytyjä laatukustannusten laskentatapoja ei ole julkaistu. Tästä johtuu, että joku tässä tutkimuksessa kehitetty laskentakaava ei välttämättä aina ole paras mahdollinen tapa määrittää kyseisen kohteen laatukustannus. Joissakin jo ennalta suurimpia erimielisyyksiä aiheuttaneissa kohteissa on laatukustannus määritetty useammalla tavalla. Parhaat mahdolliset määritystavat varmasti muotoutuvat laatukustannuksia säännöllisesti laskettaessa.

Koska laatukustannusten laskentatapoja vasta kehitettiin, ei käytössä ollut kaikkia sellaisia raportteja, joita olisi tarvittu laatukustannusten tarkentamiseen. Niinpä joissakin tapauksissa on jouduttu turvautumaan arvioon esimerkiksi vaurioiden määristä. Mikäli jotain määrää tai hinnan alennusta ei saanut suoraan raporteista, haastateltiin useita ihmisiä, jotta arviot olisivat mahdollisimman tarkkoja. Määristä oltiin hyvin erimielisiä: jonkun vaurion määrä tai hinta saattoi vaihdella arviosta toiseen jopa 20 %. Tästä johtuen jouduttiin käyttämään kompromisseja. Tuloksissa on kuitenkin huomioitu kompromissit ja esitetty kohdissa, joista ei ollut käytettävissä tarkkaa lukua, muutama eri vaihtoehto.

Pienistä puuteista ja mahdollisista epätarkkuuksista huolimatta laatukustannusten suuruusluokka on oikea ja suurimmat laatukustannuskohteet erottuvat selkeästi.

### 7.3 Kaukaan sahan laatukustannukset

Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu Kaukaan sahan tuotannon laatukustannuksia vuonna 1996. Laatukustannukset on määritetty tutkimalla vuoden 1996 tuotanto-raportteja ja haastatteleamalla eri toiminnoista vastaavia henkilöitä.

Tuotannon laatukustannukset ovat vuosittain 31,5 Mmk. Tämä vastaa noin 7,9 % kokonaisliikevaihdosta. Tutkimuksessa laatukustannukset on jaettu kahteen pää-ryhmään: positiivisiin ja negatiivisiin laatukustannuksiin. Positiivisiin laatukustannuksiin kuuluvat ennaltaehkäisevän toiminnan ja laadunvalvonnan kustannukset. Nämä ovat yhteensä 9,4 Mmk. Negatiiviset laatukustannukset sisältävät ulkoiset ja sisäiset virhekustannukset. Ulkoiset virhekustannukset muodostuvat reklamaatioista ja niiden käsittelystä. Ulkoisten virhekustannusten suuruus on 0,7 Mmk. Sisäiset virhekustannukset ovat kaikkein suurin laatukustannusryhmä. Niiden suuruus on 21,4 Mmk.

Koko sahan laatukustannusten suuruus on tämän tutkimuksen ja Metsäekonomin laitokselle valmistuvan opinnäytetyön mukaan vuonna 1996 38,09 Mmk. Tämä on noin 9,5 % kokonaisliikevaihdosta.

### 7.4 Suurimmat laatukustannuskohteet

Suurimmat laatukustannuskohteet ovat:

1. Käyntihäiriöt 5,71 Mmk
2. Uudelleenajot 5,00 Mmk
3. Sahatavaran rikkoutuminen prosessissa 3,04 Mmk
4. Väärin särmäys 2,53 Mmk
5. Raakkipuu-% 1,55 Mmk
6. Kuorimakoneen rikkomat tukit 0,74 Mmk
7. Poistolajittelu 0,66 Mmk
8. Reklamaatiot 0,64 Mmk



9. Trukkikäsittelyssä rikkoutuva sahatavara 0,59 Mmk

10. Ongelmat kuivauksessa

Kaikista laatukustannuksia aiheuttavista kohteista 20 % eli 5 kappaletta aiheuttaa 80 % kustannuksista eli noin 25 Mmk.

### 7.5 Laatukustannusten pienentäminen

Yleisesti voidaan sanoa, että lisäämällä ennalta ehkäiseviä toimenpiteitä ja laadunvarmistusta saadaan kokonaislaatukustannuksia vähennettyä. Laatukustannusprojektit ovat usein pitkiä ja niiden tulokset näkyvät muutaman vuoden kuluttua. Niinpä parhaita pilottiprojekteja laatukustannuksia pienennettäessä ovat sellaiset projektit, joiden tulokset näkyvät nopeasti. Nopeilla ja selvillä tuloksilla saadaan motivoitua sekä yrityksen johto että sen työntekijät laatukustannusten pienentämiseen.

Kaukaan sahalla suurimman yksittäisen laatukustannuksen aiheuttaa käyntihäiriöt. Käyntihäiriöiden vähentämiseksi tulee niitä aiheuttavat syyt määrittää nykyistä tarkemmin ja panostaa näihin ongelmakohtiin. Yksi merkittävimmistä syistä on varmasti lautojen käsittelyssä syntyvät ruuhkat, jotka pysäyttävät koko linjan toiminnan.

Uudelleenajojen vähentämiseksi on jo nyt tehty paljon. Jatkossa onkin tärkeää seurata uudelleenajojen määrän kehittymistä ja edelleen kehittää tapoja niiden vähentämiseksi. Merkittävimpiä keinoja uudelleenajojen vähentämiseksi on tuotannon tehostettu suunnittelu ja sahauserien suurentaminen.

Sahatavaran rikkoutumista prosessin aikana voidaan vähentää kenties jonkun verran lisäkoulutuksella ja motivoinnilla, mutta tärkeimmät rikkoutumisia aiheuttavat syyt johtuvat kiramoista ja muista kuljettimista. Näitä parantamalla ja osa kiramoista ohittamalla rikkoumien määrä varmasti saadaan vähenemään.

Kuorimoinvestointi vähentää toteutuessaan merkittävästi kuorimakoneen rikkomien tukkien ja poistolajittelun määrää.

Yksittäisten laatukustannuskohteiden lisäksi sahalla voitaisiin panostaa tuotannon suunnitteluun entistä enemmän. Bryanin (1996) mukaan tuotannossa ja varastoissa olevan sahatavaramäärän optimointi on erittäin tuottava parannus. Tuotannon suunnittelua ja ohjausta voitaisiin kenties helpottaa tehostamalla raportointia.

## 8 LÄHDELUETTELO

### KIRJAT

Bryan, Eugene L. 1996. The BestPossible Sawmill - Guidebook for the high-tech journey ahead. San Francisco. Miller Freeman Books. 232 s.

Campanella, J. 1990. Principles of Quality Costs, Principles, Implementation and use. 2. painos. Milwaukee. ASQC ( American Society for Quality Control) Quality Press. 140 s.

Crosby, P.B. 1985. Laatu on ilmaista. 2. painos. Helsinki, Laatuteema Oy. 265 s.

Dale, B.G & Oakland, J.S. 1991. Quality Improvement Through Standards. Avon. The Bath Press, 55 s.

Dale, B.G & Plunkett, J.J. 1991 Quality Costing. London. Chapman & Hall. 121 s.

Harmon, . Peterson, . 1990. Reinventing the Factory. New York. The Free Press. 303 s.

Hellman, Juha. 1994. Cost of Quality. Diplomityö. Espoo. Teknillinen Korkeakoulu, Koneosasto, Tuotantotalouden laitos. 100 s.

Heiskanen, Heikki. 1996. Ilmannopeuden vaikutus kamarikuivauksessa. Espoo. Teknillinen korkeakoulu, Puunjalostustekniikan osasto, Puutekniikan laboratorio, Diplomityö.

Jaehn, Al. 1989. Focus on Quality. TAPPI Press, Atlanta. 82 s.

Juran, J.M & Gryna Frank M. 1993. Quality Planning and Analysis, 3.painos. McGraw-Hill. 634 s.



Laakso, Arja. 1981. Laatukustannukset. Helsingin Kauppa- ja Kauppakorkeakoulu. Pro Gradu-työ. 94 s.

Lipponen, T. 1988. Yrityksen toiminnan laatukustannukset. Metalliteollisuuden kustannus Oy. Suomen Metalliteollisuuden keskusliitto. Tekninen tiedoitus 14/88. 87 s.

Lundvall, D.M. Quality Costs. Teoksessa: Juran, J.M, Gryna, F.M. & Bingham, R.S. (toim.) 1974. Quality Control Handbook. New York. McGraw-Hill Book Co.

Paajanen, T.; Virtanen, J. 1997 (julkaistaan vuoden 1997 aikana). Mekaanisen metsäteollisuuden kehittämisen menetelmät. Teknillinen korkeakoulu, Puunjalostustekniikan osasto, Puutekniikan laboratorio, Espoo.

Suomen Laadunvalvontayhdistys ry. 1977. Laatukustannukset Mitä- ja Miten? Suomen Standardisoimisliitto. Helsinki. Käsikirja 18. 60 s.

Virtanen, Veikko. 1986. Laatuvirheiden kustannusvaikutukset. Suomen metalliteollisuuden keskusliitto. Helsinki. 56 s.

#### ARTIKKELIT

Grey, Janet. Quality Costs Report Card on Business. Quality Progress. Vol. 28. No. 4. 1995. s. 51

Hendry, Ian. Total Quality Management. Paper Europe. No. 12. 1991.

Quality Progress. Who Cares About The Costs of Quality. Vol. 29. No. 8. 1996.

Kumar, K. & Brittain, J.C. Cost of Quality: Evaluating the health of British manufacturing industry. The TQM Magazine. Vol. 7. No. 5. 1995. ss. 50-57.

Lehtovaara, Marko. Benchmarking ennakkoluulottomassa käytössä useissa suomalaisyrityksissä. Kauppalehti EXTRA. 14.11.1996. No. 223B. s. 18.

Lloyd-Kimbel, Avis. One Thing Leads to Another. Quality Progress. Vol 23. No. 8. 1990. s. 73

Underhill, B.N. Decision Tree Helps Categorize Quality Costs. Quality Progress. Vol. 28. No. 8. 1995. s. 168

#### RAPORTIT

Arviointiperusteet 1996. Helsinki, Suomen laatuyhdistys ry. 1996. 55 s.

Kaukaan sahan vuosikertomus 1995. Lappeenranta, Kaukaan saha. 1996. 13 s.

Kaukaan sahan vuosikertomus 1996. Lappeenranta, Kaukaan saha. 1997.

Moisio, Jussi; Alanko, Jyrki; Ryynänen Sakari. 1996. ISO 9000 laatujärjestelmät Suomen Standardisoimisliitto, SFS-sertifiointi, 3/1996, 4 s.

Pakkanen, Matti. 1997. Sahateollisuuden ja sahatavaran laatujärjestelmät. Teknillinen korkeakoulu, Puutekniikan laboratorio. Seminaarityö. 29 s.

Sävilammi, Marjaana. 1995. ISO 9000 -laatujärjestelmät mekaanisessa metsäteollisuudessa. Teknillinen korkeakoulu, Puutekniikan laboratorio. Seminaarityö.

UPM-Kymmen 1995. Helsinki, UPM-Kymmene Oy. 1996. Taloudelliset julkaisut vuonna 1996. 40 s.

#### STANDARDIT

ISO 9000-1. 1994. Laadunhallinnan ja laadunvarmistuksen standardit. Osa 1: Valinta- ja käyttöohjeita. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 45 s.

ISO 9000-2. 1993. Quality management and quality assurance standards- Part 2: Generic guidelines for the application of ISO 9001, ISO9002 and ISO 9003. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 16 s.

ISO 9000-3. 1994. Laatujärjestelmät. Lopputarkastuksen ja -testauksen laadunvarmistusmalli. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 34 s.

ISO 9000-4. 1993. Luotettavuuden hallinta. Osa 1: Luotettavuusjohtaminen. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 25 s.

ISO 9001. 1994. Laatujärjestelmät. Suunnittelun, tuotekehityksen, tuotannon, asennuksen ja huollon laadunvarmistusmalli. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 28 s.

ISO 9002. 1994. Laatujärjestelmät. Tuotannon, asetuksen ja huollon laadunvarmistusmalli. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 61 s.

ISO 9004-1. 1994. Laadunhallinta ja laatujärjestelmän rakenneosat. Osa 1: Suuntaviivat. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 61 s.

ISO 9004-2. 1991. Laadunhallinta ja laatujärjestelmän rakenneosat. Osa 2: Suuntaviivat palveluille. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 40 s.

ISO 9004-3. 1993/1993. Quality Management and quality system elements - Part 3: Guidelines for processed materials. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 61 s.

ISO 9004-4. 1993. Quality Management and quality system elements - Part 4: Guidelines for processed materials. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 25 s.

SFS-ISO 8402. 1988. Laatusanasto. 1993. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 36 s.

SFS-ISO DIS 14 001. 1996. Ympäristöjärjestelmät. Spesifikaatio ja ohjeita sen käyttämiseksi. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 43 s.

#### SUULLISET LÄHTEET

Dahlgård, Jens. Professori. The Århus School of Business. Department of Information Science. Esitelmä. Maailman Laatupäivä- seminaarissa 14.11.1996.



Heikkilä, Sari. Controller. Schauman Wood Oy, Lahti. Haastattelu 30.8.1996

Heikkonen Kyösti. Laatupäällikkö. Yhtyneet Sahat Oy, Kaukaan saha, Lappeenranta. Haastattelu 7.8. 1996

Jauhiainen, Timo. Laatupäällikkö. Suomen PT Oy, Helsinki. Haastattelu 23.8.1996

Laaksonen, Risto. Projekti-insinööri. Yhtyneet Sahat Oy, Kaukaan saha, Lappeenranta. Haastattelu 30.8.1996

Miettinen, Juha. Markkinointipäällikkö. Yhtyneet Sahat Oy, Kaukaan saha, Lappeenranta. Haastattelu 7.8.1996

Molin, Max. Konsultti. Atlas Consult, Helsinki. Haastattelu 13.11.1996

**TEKNILLINEN KORKEAKOULU**  
Puutekniikan laboratorion kirjasto